

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní



Číslo práce: 162

*Hodnocení vlastností, které ovlivňují
komfort spacích pytlů*

*Classification of properties, affecting
comfort of sleeping bags*

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra: Oděvnictví

Studijní program: 3107R004

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

Název bakalářské práce:

Hodnocení vlastností, které ovlivňují komfort spacích pytlů

Autor:

Kateřina Boušová
Korunní 957/35
12000 Praha 2

Podpis autora: _____

Vedoucí práce: Ing. Dagmar Růžičková

Počet:

stran	obrázků	tabulek	grafů	zdrojů	příloh
70	32	33	7	17	1

V Liberci dne: 3. 1. 2006

Zadání BP

Prodloužení BP

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne 3. 1. 2006

.....

Podpis

Poděkování

Chtěla bych touto cestou poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Dagmar Růžičkové za pomoc a rady při zpracování bakalářské práce, firmě PRIMA OUTDOOR, s.r.o. a firmě Condor za poskytnuté rady a vzorky. V neposlední řadě patří velké poděkování mým rodičům za podporu a důvěru, kterou ve mě vkládali během studia.

Děkuji.

Anotace

Bakalářská práce se zabývala hodnocením vlastností, které ovlivňují komfort spacích pytlů a vycházela z obecných poznatků o tepelném komfortu a jeho stanovení, vzniku tepla v lidském těle, stanovení teplotního rozmezí atd. Jejím cílem bylo posoudit, zda mají či nemají různé druhy švů a konstrukcí spacích pytlů vliv na únik tepla a páry z vnitřní části spacího pytle do okolního prostředí. Práci tvořily dvě stěžejní oblasti. Jednalo se o část teoretickou, která pomocí zpracování literárních pramenů popisovala základní principy chování tepla ve vztahu k lidskému organismu. Dále práce objasňovala jaké jsou mezní hodnoty teplot pro přežití ve spacím pytli, jaké druhy materiálů jsou používány pro jednotlivé části spacích pytlů a jaké jsou na ně kladeny požadavky. Experimentální část zkoumala vliv materiálu a konstrukcí jednotlivých švů spacích pytlů na průchod tepla a páry z jedné strany konstrukce na druhou stranu konstrukce. Experiment byl prováděn na dvou typech přístrojů.

Annotation

This bachelor work deals with classification of properties, which affect comfort of sleeping bags and goes out from common piece of knowledge about thermal comfort and his determination, origin of warm in human bodies, determination of the temperature limit etc. Its aim is to judge, whether different sorts of seams and construction of sleeping bags do not have an influence on escape of the warmth and escape of vapours out of inner parts of sleeping bag to the surrounding environment. The work is formed by two major parts realms. Theoretical part describes basic principles of form heat concerning human organism. Further the work clarifies, which are limiting values of the temperatures for survival in a sleeping bag and which sorts of materials are used for individual parts of sleeping bags and what requirements they have to meet. Experimental part examined influence of the material and construction of particular seams of sleeping bags to heat penetration and vapour from the first part of construction across the second. The experiment was carried out on two types of apparatus.

Klíčová slova:

hodnocení vlastností - classification of properties,

komfort - comfort,

konstrukce švů - construction of seam,

pára - vapour (steam),

spací pytle - sleeping bags,

teplo - warm,

teplota - warmth.

Obsah

Obsah	9
1. Úvod.....	11
2. TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1 Požadavky na spací pytle z hlediska komfortu užívání	12
2.1.1 Fyziologický komfort	12
2.1.2 Stanovení tepelného komfortu	12
2.1.3 Vznik tepla v lidském organismu	12
2.1.4 Tepelná regulace lidského organismu.....	13
2.1.5 Stanovení tepelné produkce člověka – q_{zv} [$W \cdot m^2$]	15
2.1.6 Teplota pokožky	15
2.1.7 Teplota	16
2.1.8 Přestup tepla.....	16
2.2 Teplotní rozmezí	19
2.2.1 Teplota extrémní (T_{ext}).....	19
2.2.2 Teplota limitní (T_{lim}).....	19
2.2.3 Teplota komfortní (T_{comf}).....	19
2.2.4 Teplota maximální (T_{max})	20
2.2.5 Hranice tepelného komfortu	20
2.3 Požadavky na materiály spacích pytlů.....	21
2.3.1 Vnější materiály spacích pytlů.....	22
2.3.2 Izolační náplně spacích pytlů.....	23
2.3.3 Vnitřní materiály spacích pytlů.....	28
2.4 Konstrukce spacích pytlů.....	29
2.4.1 Rouno.....	29
2.4.2 Studené švy	30
2.4.3 Teplé švy.....	30
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
3.1 Propustnost.....	32
3.2 Tepelná propustnost - Togmeter	32
3.2.1 Vnější podmínky experimentu	33
3.2.2 Druh použitého materiálu	33

3.2.3 Vrstvení použitého materiálu	35
3.2.4 Konstrukce použitých švů	37
3.2.5 Tloušťka použitých vzorků	39
3.2.6 Příprava vzorků	40
3.2.7 Měření tepelné propustnosti	40
3.2.8 Charakteristika přístroje TOGMETER	40
3.3 Tepelná odolnost a odolnost vůči vodním parám - PSM	46
3.3.1 Vnější podmínky experimentu	46
3.3.2 Druh použitého materiálu	47
3.3.3 Vrstvení použitého materiálu	47
3.3.4 Konstrukce použitých švů	47
3.3.5 Příprava vzorků	47
3.3.6 Měření tepelné odolnosti R_{ct} [m^2K/W]	47
3.3.7 Měření propustnosti vodních par R_{et} [m^2Pa/W]	48
3.3.8 Charakteristika přístroje PSM	49
3.3.9 Vyhodnocení experimentu	50
3.3.10 Doporučení typů spacích pytlů pro určité klimatické podmínky	56
4. Závěr	61
5. Seznam použitých zdrojů	62
6. Seznam použitých tabulek	63
7. Seznam použitých obrázků	64
8. Seznam použitých grafů	64
7. Přílohy	65

1. Úvod

Tématem bakalářské práce je zhodnocení komfortních vlastností spacích pytlů. Pod pojmem komfortní vlastnosti si můžeme představit to, jak vnímáme působení tepla, vlhka, chladu, ale i materiálů na nás a na naše smysly. Komfortní vlastnosti jsou tedy velice důležitým ukazatelem pro výrobu spacích pytlů.

Spací pytle by měly splňovat požadavky zákazníka a proto výrobce musí před započítím výroby zvážit různá hlediska: to jaké spací pytle bude vyrábět, do jakých teplot, z jakých materiálů a za jakou cenu. Na našem trhu již působí spousta výrobců, proto by neměl být problém si z tak rozsáhlého sortimentu vybrat. Při výběru spacího pytle je třeba důkladně zvážit všechny důležité faktory ovlivňující komfort, který je schopen spací pytel poskytnout.

O kvalitě spacího pytle z hlediska jeho tepelně-izolačních vlastností rozhoduje především použitá izolační náplň, tedy druh izolačního materiálu a jeho množství, stříh spacího pytle, tedy jeho tvar a konstrukční provedení a způsob šití, tedy způsob, jak je izolační náplň zafixována uvnitř.

Na začátku se práce zabývá hlavně tím co je to tepelný komfort, jak se u člověka projevuje pocit chladu a jaké jsou mezní teploty pro přežití jedince v určitých klimatických podmínkách. Dále jsou porovnávány vlastnosti, výhody a nevýhody různých materiálů používaných pro výrobu spacích pytlů, tedy materiálů vrchových, izolačních (vnitřních) a materiálů, které se používají pro šití vnitřní strany spacího pytle. V experimentální části se bakalářská práce zabývá stanovením tepelného odporu a propustností vodních par jednotlivých druhů navržených soustav spacích pytlů, které se od sebe odlišují nejen konstrukcí, ale i druhem výplně.

Cílem této práce je zhodnotit různé vlastnosti, které ovlivňují komfort spacích pytlů a navrhnout vybrané soustavy materiálů do různých klimatických podmínek.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Požadavky na spací pytle z hlediska komfortu užívání

2.1.1 Fyziologický komfort

Lze ho chápat jako stav, při kterém se člověk cítí nejlépe, je to tzv. pocit pohodlí. Pro fyziologické pohodlí je nutné vytvořit přesně stanovené podmínky pro každého jedince. Každý člověk vnímá pohodlí jinak. Někdo se cítí pohodlně při teplotě okolí 23°C, někdo jiný při 25°C, což značí to, že fyziologický komfort se může posuzovat subjektivně, ale lze ho posoudit i objektivně a to měřením.

- Spací pytel by nás měl chránit před zimou a zároveň by nemělo docházet k přehřátí lidského těla. Tomuto komfortu se říká **tepelný komfort**.
- Spací pytel by měl umožnit **prostup vzduchu, vlhkosti a vodních par** směrem ze spacího pytle do vnějšího prostředí, ale nemělo by k tomuto jevu docházet ve směru opačném.
- Spací pytel by měl být **pohodlný**, neměl by v nás vyvolávat pocit „stísněnosti“ ani pocit, že máme kolem sebe spoustu volného prostoru. Měl by být **přiměřené velikosti** k velikosti našeho těla.

2.1.2 Stanovení tepelného komfortu

Tepelný komfort se stanoví buď subjektivně nebo objektivně. Subjektivní stanovení je takové, které člověk posoudí podle sebe, podle svého názoru. Objektivní stanovení komfortu nesmí být posuzováno pouze jedním člověkem, ale skupinou lidí, jejichž subjektivní názor je statisticky zpracován a vyhodnocen. Čím více lidí ke zhodnocení komfortu použijeme, tím pravděpodobnější bude správnost výsledku. Názory lidí se vyhodnotí a získá se průměrná hodnota. Další možností pro optimální stanovení výsledku je pomocí přístrojů, tedy měřením.

2.1.3 Vznik tepla v lidském organismu

V lidském organismu dochází na základě složitých metabolických pochodů k výdeji a příjmu tepla, a na základě toho k termoregulačním procesům.[1] Teplota těla je výsledkem rovnováhy mezi tvorbou tepla (vznikající svalovou činností a látkovou výměnou) a ztrátami tepla (výdej tepla do okolí). Ztráty tepla jsou ovlivněny okolní teplotou, pocením, vlhkostí a prouděním vzduchu, dále prokrvením kůže a oblečením

organismu. Tělesná teplota člověka kolísá v rozmezí 36 – 37 °C. Teplota pod 36 °C je teplotou sníženou, naopak teplotu nad 38 °C považujeme za zvýšenou.

Tělo produkuje teplo, toto teplo se dělí na teplo, které se tvoří na povrchu lidského těla a na teplo vnitřních orgánů. Tyto teploty nejsou stejné a proto se z těchto dvou naměřených teplot stanoví průměrná teplota lidského těla.

Nejpřesnější teplota lidského těla je teplota aortální krve. Teplota rektální je považována za její reprezentativní charakteristiku.[1] Kožní teplota má velký význam při termoregulaci lidského těla a poskytuje nám informace o tepelném stavu lidského organismu. Měřením teploty na různých místech kůže lidského těla získáme hodnoty, které nám vytvoří průměrnou teplotu povrchu lidského těla. Teplota na kůži se měří na předem definovaných místech:

- v podpažní jamce (axilární teplota)
- pod jazykem (sublinguální teplota)
- v konečníku (rektální teplota).

2.1.4 Tepelná regulace lidského organismu

Tepelná regulace (termoregulace) organismu je proces, při kterém dochází k udržování optimální teploty těla v průběhu metabolických přeměn. Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen na zjišťování rovnováhy mezi množstvím vytvořeného tepla a množstvím tepla odevzdávaného do okolního prostředí, a tím i zachování stálé tělesné teploty. Jestliže dojde k narušení tepelné rovnováhy, teplo se buď hromadí v organismu člověka nebo rychle uniká, a tím se mění průměrná tělesná teplota.[2]

Existuje termoregulace chemická a fyzikální. Jako chemickou termoregulaci považujeme tvorbu tepla a jako fyzikální výdej tepla. Chemická termoregulace představuje látkovou přeměnu, tedy intenzitu chemických reakcí, a tedy tvorbu tepla. Je zároveň závislá na fyzické zátěži organismu. Fyzikální termoregulace zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu, tedy výdej tepla.[1] K udržování stálé tělesné teploty je nutné, aby byl celý systém v tepelně ustáleném stavu v takzvané tepelné rovnováze. Obecně je možné tepelnou rovnováhu člověk vyjádřit rovnicí:

$$Q_{tt} + Q_{tz} = Q_s + Q_{pr} + Q_{ved} + Q_{od} + Q_{odc} + Q_{op} + Q_{ov} \pm \Delta Q \quad (1)$$

Kde: Q_{tt} - tvorba tepla v organismu [J],

Q_{tz} - vnější tepelné zatížení (např. sluneční záření) [J],

Q_s - tepelné ztráty sáláním [J],

Q_{pr} - tepelné ztráty prouděním [J],

Q_{ved} - tepelné ztráty vedením [J],

Q_{od} - tepelné ztráty v důsledku odpařování difúzní vlhkosti s povrchu pokožky [J],

Q_{odc} - tepelné ztráty v důsledku odpařování vlhkosti z horních cest dýchacích [J],

Q_{op} - tepelné ztráty odpařováním potu [J],

Q_{ov} - tepelné ztráty na ohřev vydechovaného vzduchu [J],

ΔQ - změny tepelného stavu organismu proti stavu tepelné pohody deficit tepla [J].

Všechny složky rovnice tepelné rovnováhy jsou uvedeny na jednotkový čas (s), tzn. $J \cdot s^{-1} \equiv W$

Energetické přeměny v organismu jsou velmi složité. Část energie vzniklé v organismu se např. mění v mechanickou energii E [J], která se potom spotřebovává na vykonanou práci. Základní část energie se však přeměňuje na energii tepelnou Q_{tt} . Energie, která se uvolňuje v organismu v podobě tepla a spotřebovává na udržování stálé tělesné teploty činí tedy při fyzické práci pouze část celkových energetických výdajů Q_{ev} :

$$Q_{tt} = Q_{ev} - E \quad (2)$$

Jestliže se energie vznikající v organismu nespotřebuje na vnější fyzickou práci, přeměňuje se skoro úplně na energii tepelnou, jak pozorujeme u člověka, který je ve stavu relativního fyzického klidu (vleže, vsedě, vestoje) a vykonává některé druhy fyzické práce.

Množství vykonané práce se určí podle rovnice:

$$E = \eta (Q_{ev} - Q_{zv}) \quad (3)$$

Kde : η – tepelná účinnost,

Q_{zv} – základní výměna tepelné regulace [J],

Q_{ev} – část celkových energetických výdajů [J].

Energetická spotřeba ve stavu úplného klidu se nazývá základní výměna Q_{zv} . Základní výměna je tedy minimální množství energie, které je nezbytné k udržování základních životních pochodů. Hodnota základní výměny u zdravého člověka kolísá podle věku a pohlaví. Abychom mohli stanovit tepelnou produkci člověka, musíme znát celkový energetický výdej Q_{ev} , tepelnou účinnost η a základní výměnu tepelné regulace Q_{zv} .

$$Q_{tt} = Q_{ev} - \eta(Q_{ev} - Q_{zv}) \quad (4)$$

Tepelnou účinnost lze určit podle rovnice:

$$\eta = \frac{E}{Q_{ev} - Q_{zv}} \quad (5)$$

2.1.5 Stanovení tepelné produkce člověka – q_{zv} [$W \cdot m^2$]

Hodnota základní tepelné výměny u zdravého člověka kolísá podle pohlaví a věku. Čím je člověk, ať žena či muž, starší, tím jeho tepelná produkce klesá. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty odpovídající věku.

Tab. 1 Stanovení tepelné produkce člověka

Věk	q_{zv} [$W \cdot m^2$]	
	u muže	u ženy
3	69,9	63,4
5	65,5	61,6
8	58,3	56,3
10	54,2	51,5
12	50,9	47,2
15	48,6	42,8
20	44,7	39,9
25	43,1	39,5
30	42,3	39,7
35	41,4	39,0
40	41,3	37,9
50	39,3	37,1
60	38,5	36,4
70	37,7	35,7

[2]

2.1.6 Teplota pokožky

Základní část tepla vznikajícího v organismu se ztrácí povrchem těla. To určuje význam teploty kůže a její rozložení při hodnocení tepelného stavu organismu a oděvu. Správnou představu o tepelném stavu člověka dává *průměrná teplota kůže*. Skutečná hodnota průměrné teploty kůže závisí na počtu měřených bodů na povrchu těla.

Omezujícím činitelem je spolehlivost bodů, na nichž se sleduje průměrná teplota. Minimální počet bodů pro zjištění průměrné teploty kůže člověka nemá klesnout pod sedm.

2.1.7 Teplota

Je to fyzikální veličina charakterizující, zda těleso bude nebo nebude při tepelném kontaktu s jiným tělesem v tepelné rovnováze (zda bude teplo přijímat, odevzdávat, nebo zda k tepelné výměně nedojde). Nedojde-li mezi tělesy k tepelné výměně, mají tělesa stejnou teplotu. Jednotkou teploty v soustavě SI je 1 K (Kelvin - pro termodynamickou teplotu) a 1°C (pro Celsiovu teplotu).[3]

2.1.8 Přestup tepla

Je přenos tepelné energie mezi dvěma tělesy. Může se realizovat vedením, sáláním, prouděním, vypařováním a dýcháním.

Přestup tepla vedením

Přestup tepla vedením (kondukcí) je způsob odvodu tepla, kde dochází k přímému kontaktu textilní vrstvy se zdrojem tepla (např. při sezení, ležení atd.).

Vypočítá se ze vztahu:

$$Q_{ved} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{\delta} S \tau \quad (6)$$

Kde: Q_{ved} je množství tepla [J], které projde stěnou o ploše $S[m^2]$

za dobu τ [s] - $[J \cdot s^{-1} \equiv W]$,

λ - součinitel tepelné vodivosti soustavy vrstev oděvu $[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$,

T_1 - teplota vnitřní strany první oděvní vrstvy [K],

T_2 - teplota vnější strany poslední vrstvy oděvu [K],

δ - tloušťka soustavy vrstev oděvu [m]. [2]

Konduktce – přenos tepla vedením. Nejvíce se uplatňuje přenos tepla vedením se zemí, kde vahou těla stlačíme izolační materiál. K omezení této formy ztráty tepla užíváme kvalitní izolační podložky. Další souvislost s vedením má samotný izolační materiál spacáku, kde lze rozlišit vedení ve vláknech a ve vzduchu v mezivlákněm prostoru. Vedení vlákny je u lehkých moderních materiálů zcela zanedbatelné (méně než 1% vedení vzduchem). Vedení vzduchem klesá se silou vrstvy a roste s vlhkostí

vzduchu (ztráta vedením "mokrou" cestou je mnohem vyšší než za sucha, cca 40-60% z celkových ztrát). Vlhkost izolace spacáku se získává ze dvou zdrojů – vnitřních (vlhkost z lidského těla – pot, dýchání, ...) a navlhání z venkovních zdrojů.

Přestup tepla sáláním

V zahřátém tělese se vždy část tepelné energie mění na energii zářivou. Jedním z nositelů této energie jsou paprsky infračerveného záření. Tyto tepelné paprsky se šíří sáláním (radiací). Šíření tepla sáláním značně závisí na rozdílu teploty povrchu lidského těla a okolních těles.

Rovnice stanovení tepelného toku sdíleného sáláním:

$$Q_s = \alpha_s S_s (T_0 - T_t) \quad (7)$$

Kde: α_s - součinitel sdílení tepla sáláním – radiací tepla [$\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$],

S_s - plocha těla, z něhož teplo sálá [m^2],

T_0 - teplota povrchu těla – oděvu [K],

T_t - teplota povrchu okolních těles [K],

Q_s - tepelný tok [W]. [2]

Přestup tepla prouděním

Ve vzdušném prostředí se teplo přenáší především pohybem (prouděním) částic. Tepelné ztráty vzniklé prouděním z povrchu lidského těla krytého oděvem lze vyjádřit vzorcem:

$$Q_{pr} = S \frac{S_{ob}}{S_o} \alpha_{pr} (T_o - T_v) \quad (8)$$

Kde: S - je povrch těla neoblečené osoby [m^2],

$\frac{S_{ob}}{S_o}$ - poměr plochy těla kryté oděvem k ploše nekrytých částí těla,

α_{pr} - součinitel sdílení tepla prouděním [$\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$],

T_o - teplota povrchu oděvu [K],

T_v - teplota vzduchu [K]. [2]

Konvekce, neboli ztráta prouděním vzduchu je jedna ze tří možných ztrát odvádění tepla ze spacího pytle. Jedná se o pohyb vzduchu uvnitř spacáku, kde teplý vzduch má tendenci stoupat a nahrazovat se chladným vzduchem. Tento jev je však zanedbatelný

díky hustotě struktury výplně (cca do 5% z celkových ztrát), pokud však není podpořen větrem (v takovém případě mohou být ztráty až 30%). Tomuto problému se bráníme alespoň částečně pomocí kvalitního potahového materiálu a konstrukčním provedením spacáku.

Sdílení tepla vypařováním

Sdílení tepla, zejména v horkém prostředí, může probíhat odpařováním difúzní vlhkosti a potu. Rychlost odpařování vlhkosti z povrchu těla závisí na rozdílu parciálních tlaků páry v mezní vrstvě u pokožky a v okolním vzduchu, na rychlosti proudění vzduchu a prostupnosti oděvu a spacího pytle pro vzduch a páry a na velikosti povrchu zvlhčeného potem.

Vzorec pro výpočet vypařovaného tepla:

$$w_{\text{vyp}} = \beta A (p_{\text{nas}} - p_a) \quad (9)$$

Kde: w_{vyp} - je rychlost vypařování, tj. množství vody přecházející v páru za jednotku času $[\text{gh}^{-1}]$,

β - součinitel odevzdávání vlhkosti, vztaženého k rozdílu parciálních tlaků páry $[\text{gh}^{-1}\text{m}^{-2}\text{kPa}^{-1}]$,

A - plocha volného povrchu kapaliny, tj. zvlhčený povrch těla $[\text{m}^2]$,

p_{nas} - tlak nasycené páry při teplotě kůže $T_{\text{kůže}}$, jestliže T_v (teplota okolního vzduchu) $> T_{\text{kůže}}$ $[\text{kPa}]$,

p_a - tlak páry nad volným povrchem při teplotě okolního vzduchu T_v $[\text{kPa}]$.

[2]

Přestup tepla dýcháním

Respirační odvod tepla je realizován dýchacími cestami a jeho množství je dáno rozdílem množství vodních par vdechovaných a vydechovaných.

$$Q\Delta = \Delta i \cdot (w_{\text{ex}} - w_a) \frac{1}{t} \quad (10)$$

Kde: w_{ex} - množství vodních par vdechovaných $[\text{kg}]$,

w_a - množství vodních par vydechovaných $[\text{kg}]$,

t - čas $[\text{s}]$.

[2]

2.2 Teplotní rozmezí

2.2.1 Teplota extrémní (T_{ext})

Je to dolní limitní teplota, při které plně oblečený člověk ve spacím pytlí silně trpí zimou (nevyspí se), ale je zaručeno, že nezmrzne. Teplota je vztažena na "standardní ženu" (stáří 25 roků, hmotnost 60 kg, výška 1,60 m, tělesný povrch 1,62 m²) v situaci silného namáhání chladem, který může trvat pouze omezenou dobu a to maximálně 6 hodin a standardní podmínky užívání spacího pytle. Zkušená uživatelka spacího pytle je ve spacím pytlí „schoulena do klubíčka“ tak, aby se minimalizovaly tepelné ztráty přes spací pytel, přičemž střední teplota pokožky je 29°C. Dochází k třesení zimou, při které se zvětšuje základní metabolická produkce.

2.2.2 Teplota limitní (T_{lim})

Spodní hranice, při které se zkušený uživatel spacího pytle, který přizpůsobí své oblečení a polohu ve spacím pytlí okolní teplotě a umí využít všech možností svého spacího pytle, ve skrčené poloze globálně nachází v teplotní rovnováze a právě ještě nepocítuje chlad. Tato teplota se vypočítává pro "standardního muže" (stáří 25 roků, hmotnost 70 kg, výška 1,73 m, tělesný povrch 1,83 m²) v situaci, kdy se tento muž brání proti chladu ve svinuté poloze uvnitř spacího pytle, avšak v tepelné rovnováze a v situaci, kdy se právě ještě netřese zimou.

2.2.3 Teplota komfortní (T_{comf})

Spodní hranice komfortního rozsahu, od níž směrem dolů zkušená uživatelka spacího pytle, která přizpůsobí své oblečení a polohu ve spacím pytlí okolní teplotě a umí využít všech možností svého spacího pytle, je v tepelném klidu, tj. nebude cítit nepohodu z chladu. Uživatelka spacího pytle, která je v „relaxační poloze“ jako např. ležící na zádech, se celkově nachází v teplotní rovnováze a právě ještě nepocítuje chlad. Pro nezkušenou uživatelku však již odpovídá tato teplota obecnému pocitu nepohody z chladu. Je to teplota, která je vypočtena pro "standardní ženu" (stáří 25 roků, hmotnost 60 kg, výška 1,60 m, tělesný povrch 1,62 m²), která právě ještě necítí chlad a netřese se zimou v uvolněné poloze.

2.2.4 Teplota maximální (T_{max})

Je horní hranicí komfortního rozsahu. Teplota, do níž se částečně odkrytý uživatel spacího pytle ("standardní muž") právě ještě příliš nepotí. Tato teplota je vypočtena pro "standardního muže" (stáří 25 roků, hmotnost 70 kg, výška 1,73 m, tělesný povrch 1,83 m²) v poloze s pažemi mimo spací pytel. Horní část spacího pytle se vytáhne jen k podpaží figuríny a její paže leží nahoře na horní části spacího pytle. Zdrhovadla spacího pytle jsou otevřena a kapuce je sklopena dolů.

T_{max}	T_{comf}	T_{lim}	T_{ext}
OBLAST KOMFORTU	OBLAST TOLERANCE	OBLAST CHLADU	

2.2.5 Hranice tepelného komfortu

Nejdůležitějším údajem spacího pytle je pro každého zájemce rozmezí teplotního použití. V obchodě by nás měla zajímat tzv. dolní hranice tepelného komfortu. Tepelný komfort znamená, že člověk oblečený v jedné vrstvě prádla by měl celou noc klidně spát, aniž by se budil chladem. Nejnižší údaj udává extrémní teplotní mez, kdy by měl člověk přežít noc bez větších zdravotních následků.[5]

2.3 Požadavky na materiály spacích pytlů

Požadavky na materiály spacích pytlů jsou různé podle toho, do jakého prostředí chceme spací pytel používat. Samozřejmě, že nejvyšší požadavky na kvalitu materiálů jsou kladeny na spací pytle, které budeme chtít používat v prostředí s extrémními teplotami, tedy v horách, kde je možnost poklesu teplot nejvyšší a tedy nejvyšší pravděpodobnost nebezpečí podchlazení organismu, pokud by nebyl dostatečně chráněn. Materiály pro výrobu spacích pytlů musí mít co nejlepší izolační schopnosti. Izolační náplň ale není to jediné co určuje kvalitu spacího pytle. Neméně důležitá je svrchní a vnitřní tkanina a samozřejmě vlastní zpracování. Uvnitř se poměrně často používá bavlna, ale nelze ji příliš doporučit. Je těžká, objemná, snadno se špiní a především saje, drží v sobě vlhkost a dlouho schne. Hlavní požadavek na vnitřní materiál je prodyšnost.

Prodyšnost materiálů se charakterizuje koeficientem, který udává jaké množství vzduchu projde danou plochou materiálu za stanovený čas při určitém tlakovém spádu mezi oběma stranami materiálu. Prodyšnost materiálu se zjišťuje přístroji, které pracují na principu vytváření určitého rozdílu tlaků z obou stran textilního vzorku, takže vzduch tímto vzorkem prochází. Prodyšnost materiálů ovlivňují vlastnosti jejich struktury (tloušťka a tvar příze, hustota, respektive dostava a vazba) a druh úpravy. Prodyšnost textilie je závislá na jejich tloušťce, vlhkosti, počtu vrstev a na tloušťce vzduchových vrstev mezi jednotlivými vrstvami. Jak se zvětšuje tloušťka textilie, zmenšuje se počet průchozích pórů, a tím klesá prodyšnost materiálů. Prodyšnost textilie se rovněž snižuje s růstem jejich vlhkosti. Snížení se vysvětluje zaplněním pórů vodou a nabobtnáním vláken, které brání průchodu vzduchu materiálem. Prodyšnost spacího pytle je závislá na jeho stříhovém řešení, na počtu vrstev, na rychlosti větru i rozdílu teplot vnějšího vzduchu a vzduchu uvnitř spacího pytle.

Dalším důležitým požadavkem na spací pytle jsou **tepelně izolační vlastnosti**. Tepelně izolační vlastnosti se charakterizují tepelnou vodivostí, tj. schopnost materiálů vést teplo. Stupeň tepelné vodivosti materiálu se číselně vyjadřuje součinitelem tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]. Tepelně izolační schopnost materiálu je přímo závislá na součiniteli tepelné vodivosti. Ten je ovlivněn druhem vlákenného materiálu a strukturou textilie. Tepelně izolační vlastnosti materiálů ovlivňují též tloušťka, délka, zkadeření a pružnost vláken. Pro hodnocení tepelně izolačních vlastností textilií nemá největší význam součinitel tepelné vodivosti λ , nýbrž tepelný odpor R , který přímo ovlivňuje

tyto vlastnosti. Tepelný odpor značně závisí na vazbě textilie, která určuje tloušťku a prodyšnost výrobku. Tloušťka materiálu ovlivňuje tepelný odpor textilie nezávisle na jejím vlákenném složení a hustotě. S růstem tloušťky materiálu stoupá i jeho tepelný odpor. Tepelně izolační vlastnosti jsou závislé na vlhkosti oděvních materiálů. Se zvyšující se vlhkostí tepelný odpor textilie klesá. Voda která je dobrým vodičem tepla, zvyšuje tepelnou vodivost materiálu.[2]

2.3.1 Vnější materiály spacích pytlů

Užitné vlastnosti spacího pytle také ovlivňuje vnější (potahový) materiál. Vnější materiál by měl být lehký, odolný proti oděru, pevný, prodyšný, ale zároveň voděodpudivý. U kvalitnějších spacích pytlů se používají kvalitní mikrovláknenné tkaniny – velice prodyšné, voděodpudivé, pevné a lehké. Běžně se pak používají různé polyamidové tkaniny s voděodpudivou úpravou. Díky své vysoké voděodpudivosti chrání spací pytel proti vlhkosti a zároveň díky dobré prodyšnosti umožňují dobré vysychání. Tyto nároky splňují například **Pertex**, **Tactel**, **Silz Micro**, které se používají jak na spací pytle péřové, tak i na ty z dutých vláken. Speciálně pro péřové výrobky se používá materiál **Gore Dry Loft** a **Excel Dry**. Větší nároky na použitou vnější tkaninu klade péřová náplň díky své citlivosti na vlhkost. Tkanina musí být také dostatečně hustá, aby drobná pírká nepronikala ven.

Softex 40D DWR

je 100% polyamidové mikrovlákneno o hmotnosti 55 g/m² se 100% garancí proti průniku peří a voděodpudivou úpravou.

Exefl Dry Light

byl speciálně vyvinut k výrobě ošacení a výrobků s péřovou a syntetickou náplní. Exefl Dry Light zamezuje vnikání vnější vlhkosti, vznikající drobným deštěm, či kondenzací a silnou námrazou dovnitř izolační hmoty. Přitom materiál současně odvádí tělesnou vlhkost z výrobku ven. Tyto charakteristiky udržují izolační hmotu maximálně funkční. Jeho váha je 44g/m². Spací pytel vyrobený z Exefl Dry Light může být až o 60 - 100g lehčí. Je vysoce odolný proti roztržení a otěru. Zachovává si svojí jemnost a ohebnost i při -40°C, je odolný vůči průniku větru. Tímto nedochází k úniku nadměrného tepla a spací pytle z materiálu Exefl Dry Light mají až o 5°C větší rozsah použití, než je tomu u klasických materiálů.[12]

2.3.2 Izolační náplně spacích pytlů

Nejdůležitější vlastnost spacího pytle je dána kvalitou izolační náplně, jeho množstvím a konstrukcí komor. Kritériem kvality náplně je schopnost zaujmout co největší objem neboli výšku komory spacího pytle v pomyslném řezu. Vlastním izolačním médiem je totiž vlastně vzduch a peří nebo syntetická vlákna mu jen vytváří prostor, který má zaujmout. Schopnost zaujmout co největší objem ovlivňuje tzv. stlačitelnost a tvarová stálost té které izolační náplně.

Syntetické náplně:

Dutá vlákna

spirálového tvaru mají v řezu jednu či více dutinek různých tvarů. Vlákna se vyrábějí v podobě rouna a mohou se tak i vzájemně kombinovat. Kvalitativními parametry jsou stlačitelnost a tvarová stálost. Nejčastěji je možné se setkat s dutými vlákny s obchodními jmény: Hollofil, Quallofil, Euroloft, Terralof, Ultralof, Micralof, Libeltex ad. Největším světovým výrobcem těchto materiálů je koncern DuPont.

Dutá vlákna jsou univerzální syntetický izolační materiál. Hlavní výhodou je nízká nasákavost a tím také rychlé vysychání, což spolu s dobrými izolačními schopnostmi předurčuje tyto materiály k univerzálnímu použití, protože ve vlhkých podmínkách ztrácí minimum svých izolačních schopností. Další výhodou je nenáročnost na údržbu.

Mikrovlákno

(\varnothing 3 - 8 μ m) využívá oproti dutým vláknům vzduch, který ulpívá na jeho povrchu a který zadrží mikroskopická struktura rouna. Tím se vytváří izolační efekt. Rouna z mikrovlákna mají vysokou tvarovou stálost a minimální nasákavost. Při stejné hmotnosti obsahuje mikrovlákno mnohem více vláken (přibližně 10 - 15x). Z těchto vláken je vytvořena struktura hustší a objemnější. Izolační vlastnosti jsou pak lepší asi o 10 - 50% podle druhu srovnávaných materiálů. Nejznámější mikrovlákno má obchodní název Thinsulate.

Duotherm

je tepelně izolační materiál (obr. 1, 2) nové generace, který se vyznačuje velmi dobrým poměrem hmotnosti a izolační schopnosti a také zvýšenou mechanickou odolností, což se příznivě projeví v prodloužené životnosti.



Obr. 1 Duotherm

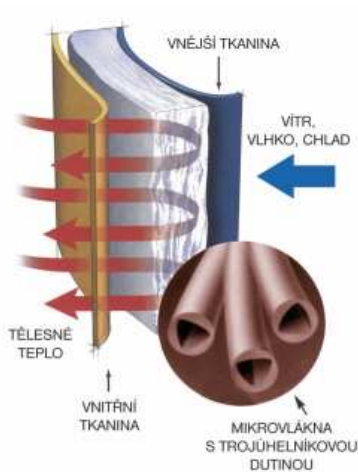


Obr. 2 Duotherm – nosná síťka

Mechanickou pevnost materiálu dává velmi lehká nosná síťka (cca 7g/m^2), která je vložena mezi dvě vrstvy tepelně pojených vláken. Obě vrstvy jsou tvořeny z vertikálně orientovaných vláken, která dávají materiálu velmi vysoký vzduchový objem "loft" a tím i velmi dobré izolační vlastnosti. Vertikální orientace vlákna zlepšuje mechanické vlastnosti - pružnost materiálu, objem při zatížení a odolnost proti slehnutí.[5]

Polarguard 3D

vysoce trvanlivý, pružný, dlouho zachová loft a to i po opakovaném používání, stlačování, praní a sušení. Jeho robustní trojrozměrná 3D struktura, stejná jako u peří, je tvořena tepelně pojenými překříženými nekonečnými dutými mikrovláknami s trojúhelníkovou dutinou. Izolačními vlastnostmi se nejvíce ze všech syntetických materiálů přibližuje peří, se kterým je výkonem srovnatelný. Jeho životnost je vysoká. Má nízkou hmotnost. Nekonečné vlákno je obzvláště stabilní. Nesetřepává se, vlákna se neoddělují, necuchají a netvoří chomáčky, nevznikají ztenčení izolačního materiálu ani místa bez výplně ani po letech používání (obr. 3).



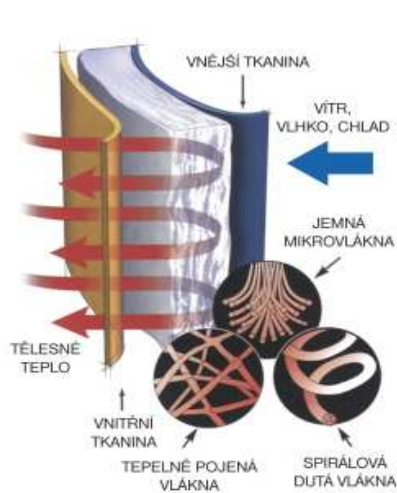
Obr. 3 Polarguard 3D

Thermofil Super

poskytuje o 25% více tepla a „loftu“ než běžná izolační vlákna, zachovává teplo i po zvlhnutí, zachovává svůj tvar a izolační vlastnosti i po opakovaném čištění. Má vysokou životnost - tj. pomaleji se slehává. Je nealergenní, snadno se udržuje.

Thermolite Extreme

je výborný izolační materiál. Je to nejnovější výrobek firmy DuPont určený pro extrémní použití, je srovnatelný s peřím a přitom nemá nevýhody peří. Je velice měkký a pružný, odolný proti vlhkosti. Je lehký. Jedinečná technologie směsi tří druhů vláken zaručuje optimální tepelnou izolaci při malém objemu. Speciální pružná spirálová dutá vlákna s vysokou tvarovou pamětí zajistí maximální loft. Tepelně pojená vlákna zaručí vysokou životnost. Veškerý prostor mezi ostatními vlákny pak vyplňují mikroskopicky jemná mikroválkna, která hromadí velké množství vzduchu a jsou hlavním izolantem. Na jejich povrchu totiž díky povrchovému napětí ulpívá velké množství molekul vzduchu (obr. 4).



Obr. 4 Thermolite Extreme

3M Thinsulate LiteLoft

mikrovlákenný izolační materiál. Používá se nejen ve spacích pytlích, ale i na oděvech a doplncích. Rouno je tvořeno strukturou mikrovláken o síle 15 mikrometrů, ve které se okolo těchto vláken díky jejich povrchovému napětí drží mikrovrstva vzduchu. Povrchová plocha takovéto struktury je asi 20x větší, než povrchová struktura vláken normálních, a proto zachytí více vzduchu při stejném objemu materiálu a vytvoří tak větší vzduchovou izolaci. Má minimální nasákavost (menší než 1%) a díky tomu také rychle vysychá. Nevyvolává alergii. Rouno je termopojivé a povrchově ošetřené a proto se dá materiál používat bez častého prošívání.

Tactel

mikrovlákenný materiál firmy Du Pont tvořený jemnými profilovanými vlákny vyniká vysokými užitnými vlastnostmi jako jsou: vysoká pevnost při nízké hmotnosti,

výborná prodyšnost a současně vysoká odolnost proti působení větru a částečná odolnost proti vlhkosti (materiál je vysoce hydrofobní).

Mikrovlákno Tactel se vyznačuje originálním profilem vláken. Jednotlivá vlákna jsou třícípého hvězdicového profilu a proto svazky těchto vláken - příze použité při výrobě úpletů a tkanin do sebe velmi dobře zapadají a zvyšují kompaktnost vrstvy tkaniny. Těsným spojením vláken vzniká v tkanině složitá labyrintová struktura, která zvyšuje odolnost proti účinkům větru v porovnání s klasickými vlákny kruhového profilu a současně je zachována prodyšnost tkaniny. Navíc jsou vlákna impregnována teflonem a tím má tkanina i částečnou odolnost proti vodě - např.: proti rose, mlze nebo drobnému mžení.[13]

Hollow soft

je náplň ze 100% polyesterových dutých vláken určená pro spací pytle. Vlákna jsou silikonizovaná, proto je Hollow soft měkký, hebký, má vynikající tvarovou paměť a vysokou hodnotu loftu, díky níž velmi rychle vyplňuje prostor komor spacího pytle. Hollow soft izoluje také při vysoké vzdušné vlhkosti, rychle vysychá a je nealergenní.

Izotherm

je náplň z kvalitního vysoce silikonizovaného dutého vlákna Izotherm. Je tvořen 100% polyesterovými vlákny, která mají schopnost izolovat také při vysoké vzdušné vlhkosti i v mokru a rychle vysychají. Silikonizace vláken zajišťuje jejich měkkost, hebkost a tvarovou paměť. Vlákna vykazují vynikající termoizolační vlastnosti a vysokou hodnotu loftu. Po rozbalení vlákna díky své rozpínavosti rychle vyplňují prostor komor.

Micro-tec

je náplň z kvalitního mikrovlákna Micro-tec, které bylo vyvinuto pro použití v extrémních podmínkách s požadavky na nízkou hmotnost a vysokou tepelně izolační schopnost. Je tvořen 100% polyesterovými mikrovlákny, které mají schopnost izolovat také při vysoké vzdušné vlhkosti. Micro-tec - tepelná izolace vytváří maximální tepelný komfort při minimální hmotnosti, má vysoké hodnoty loftu. Po rozbalení mikrovlákna díky své rozpínavosti rychle vyplňují prostor komor. Micro-tec je nealergenní, snadno se udržuje.

Micro-tec Ultra

patří do nové generace termoizolačních materiálů vyvinutých a speciálně určených pro extrémní použití. Jedná se o polyesterové mikrovlákno, u kterého jsou díky použití nejmodernější technologie vystupňovány pozitivní vlastnosti. Je to hlavně maximální

termoizolační schopnost při minimální hmotnosti a vysoká tvarová paměť. Právě tyto parametry jsou ideální pro konstrukci spacích pytlů pro horolezce. Spací pytle s touto náplní mohou být při transportu silně stlačeny, ale po rozbalení rychle zaujmou původní objem ("loft"). Micro-tec Ultra přiměřeně zachovává své vlastnosti při navlhnutí, dobře vysychá, je nealergenní a má dlouhou životnost.[12]

Quallofil Q7

je značkové sedmidutinkové vlákno od firmy DuPont, které se hodí i do nejnáročnějších podmínek. Kanálky uvnitř vlákna zvyšují objem vzduchu vázaného vláknem a tím výrazně zlepšují izolační vlastnosti. Další výhodou je snadná údržba.

Výhody a nevýhody dutých vláken/mikrovláken:

Výhody:

- mají vysokou tvarovou stálost (až 15 let)
- vzduchová kapacita se u těch nejkvalitnějších přibližuje peří
- neabsorbují vlhkost
- dají se velmi rychle vysušit
- snadno se udržuje (pere)
- ani při častém praní se výplň neznechodňuje
- nezpůsobují alergie

Nevýhody:

- tepelně izolační vlastnosti se (pouze) u těch nejkvalitnějších vyrovnají peří
- oproti peří mají menší stlačitelnost

Péřové náplně

Husí peří

je stále považováno za jeden z nejlepších izolačních výplňových materiálů. Nejlépe se hodí do zimních spacích pytlů, kde jsou kladeny nejvyšší nároky na lehkost a stlačitelnost náplně a zároveň je na minimum omezena možnost jejího zvlhnutí. Tepelně izolační vlastnosti prachového peří spočívají v jeho členitém povrchu, kde se vzduch akumuluje v dutinkách mezi mikroskopickými paprsky. Kvalita peří závisí na množství prachového peří a malých pírek. Čísla 90/10, 80/20 nebo 70/30 udávají poměr mezi prachovým peřím a malými pírkami. V prvním případě jde o nejkvalitnější směs s 90% prachového peří. Použít pouze čisté prachové peří by nebylo vhodné, protože právě díky pružným pírkám je možné, aby spací pytel rychle po rozbalení nabral potřebný objem

vzduchu. Dalším důležitým kvalitativním údajem je tzv. plnivost. Ta vyjadřuje celkovou pružnost a rozpínavost, tedy schopnost peří zaujmout maximální objem.

Peří je háklivé na okolní vlhkost. Samo o sobě je hygroskopické, v běžných podmínkách si v sobě udržuje zhruba 10 - 13 % vody, což je optimální. Pokud přeschne stává se křehkým, pokud zvlhne slehává se více.[5]

Výhody a nevýhody peří:

Výhody:

- má lepší tepelně izolační vlastnosti
- má velmi dobrou tvarovou stálost
- má velkou vzduchovou kapacitu a výbornou stlačitelnost
- při zachování špičkových parametrů má nízkou hmotnost

nevýhody:

- absorbuje vlhkost
- při navlhnutí se výrazně zhoršují tepelně izolační vlastnosti
- špatně se vysouší
- při praní nebo čištění se peří odmašťuje a křehne, čímž se postupně znehodnocuje
- podléhá stárnutí
- škodí mu UV záření
- může způsobovat alergie
- údržba péřových spacích pytlů je poměrně obtížná

2.3.3 Vnitřní materiály spacích pytlů

Hlavním požadavkem na vnitřní materiál je prodyšnost. Tkanina by měla být zároveň co nejlehčí, aby umožnila co nejlepší rozpínavost izolační náplně, která tak může zaujmout maximální objem. Vnitřní tkanina by kromě prodyšnosti měla být i příjemná při styku s pokožkou. Tkanina musí být také dostatečně hustá, aby u péřových spacích pytlů nepronikala drobná pírká ven. Materiály, které se používají pro péřové spacáky jsou **Gore Dry Loft** a **Excel Dry**. Dalším materiálem je **Pertex**, který se používá jak na spacáky péřové, tak i se syntetickou náplní. U levnějších spacích pytlů se jako vnitřní tkanina často používá bavlna. Ta je sice příjemná na dotyk, ale je poměrně těžká, objemná, snadno se špiní a především absorbuje vlhkost a dlouho schne. Takové spacáky se hodí pouze pro nenáročné použití v letních měsících.[12]

2.4 Konstrukce spacích pytlů

Na výsledné vlastnosti spacího pytle má vliv také konstrukce komor. Jejich tvar, velikost a uspořádání jsou pochopitelně přizpůsobeny teplotnímu rozmezí, pro které je spací pytel určen. Nejjednodušší spací pytle se syntetickou náplní mají *jednu prošívanou vrstvu*. Druhou možností je tzv. *sendvičová konstrukce*, se dvěma na sobě nezávislými vrstvami. U spacích pytlů do nižších teplot je pak běžné *šindelové uspořádání* komor, kdy vzájemně se překrývající pásy jsou přišity k vrchní tkanině na jedné a k vnitřní tkanině na druhé straně. U péřových spacích pytlů mají komory zabezpečit rovnoměrné rozdělení peří tak, aby se nesesypávalo. Konstrukce musí vyloučit možnost spojení vnější a vnitřní stěny spacího pytle, kudy by docházelo k úniku tepla. Nejčastěji se setkáme s konstrukcí komor typu „V“, u teplejších spacáků pak s konstrukcí typu „Z“.

Hlavním konstrukčním prvkem je umístění izolační náplně ve spacím pytli. Péřové spací pytle mají vždy konstrukci komorovou, která vylučuje spojení vnitřní a vnější stěny pytle a nedochází tak k nežádoucímu úniku tepla. Tvar a výška je dána úrovní tepelné odolnosti, na kterou je spací pytel konstruován. Syntetické izolační náplně jsou ve stěnách spacího pytle umístěny obvykle v jedné prošívané nebo ve dvou nezávislých vrstvách (sendvičová konstrukce).

V případě použití dutých vláken či mikrovláken je konstrukce uvnitř spacího pytle řešena jinak. Vláknata se nesesypávají jako peří, protože jsou pojena do souvislého rouna. Zde se nejčastěji používá tzv. sendvičová konstrukce se dvěma a více na sobě nezávislými vrstvami. Tyto vrstvy, s výjimkou nejlevnějších spacích pytlů, nemají studené švy.

2.4.1 Rouno

Orientace jednotlivých vláken: Pokud jsou vlákna orientovaná převážně horizontálně ke směru zátěže, rouno se slehává a ztrácí tak schopnost pojmout co nejvíce vzduchu ve vrstvě. Celková odolnost rouna se zvyšuje, pokud jsou vlákna orientovaná převážně vertikálně.

Jemnost mykání: Rouno je tvořeno vrstvením primárních tenkých vrstev vláken. Čím jsou tyto vrstvy tenčí, tím je rouno objemnější a s vyšší homogenitou.

Pojení rouna: (tepelné, postřikem)

Tepelné: Do rouna se přidá určité množství tzv. bikomponentních vláken, u kterých se při zahřívání začne tavit jejich povrch a tím rovnoměrně spojí v bodech dotyku ostatní vlákna, která zůstanou v původním tvaru. Množství těchto bikomponentních vláken ovlivňuje tuhost vyrobeného rouna. Ve spacích pytlích se používá rouno, které má přibližně 20% bikomponentních vláken.

Postřik: Na vrstvu připraveného rouna se z obou stran nastříká disperzní lepicí směs. Nevýhodou této technologie oproti tepelnému pojení je, že přidáním lepidla vznikne přívažek bez navýšení izolačních schopností. Lepidlo zůstává pouze na povrchu vrstvy, takže vlákna uprostřed rouna nejsou dostatečně spojená. Rouno se namáháním dříve slehává. Povrch takto vyrobeného rouna je tužší.

2.4.2 Studené švy

Studené švy jsou typem konstrukce spacích pytlů, které se používají již jen velmi zřídka, jelikož spací pytle vyrobené s těmito typy konstrukcí mají jednu velice špatnou vlastnost a to, že dochází k úniku tepla ze spacího pytle. Je to způsobené prošíáním všech vrstev spacího pytle najednou a tím dochází k stlačení vrstvy materiálu a skrz tuto zúženou vrstvu dochází k tepelným ztrátám (viz obrázek 5, 6).



Obr. 5 Studené švy – peří



Obr. 6 Studené švy – duté vlákno

2.4.3 Teplé švy

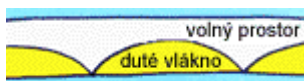
Konstrukce komor spacích pytlů má vliv na výsledné vlastnosti spacích pytlů. Velikost, tvar a uspořádání těchto komor musí být přizpůsobeno teplotnímu rozmezí, pro které je spací pytel určen. Nejdůležitější je u konstrukcí spacích pytlů vyloučení možnosti spojení vnější a vnitřní stěny spacího pytle, kudy by docházelo k úniku tepla.

Existují různé typy komor. Nejjednodušším provedením je spací pytel se syntetickou náplní s jednou *prošívanou vrstvou* (obr. 7). Další možností je tzv. *sendvičová konstrukce*, se dvěma na sobě nezávislými vrstvami (obr. 8). U spacích pytlů do nižších teplot je pak běžné *šindelové uspořádání* komor (obr. 9, 10), kdy vzájemně se překrývající pásy jsou přišity k vrchní tkanině na jedné a k vnitřní tkanině na druhé straně. U péřových spacích pytlů mají komory zabezpečit rovnoměrné rozdělení peří tak, aby se nesesypávalo. Nejčastěji se setkáme s konstrukcí komor typu „V“ (obr. 12),

u teplejších spacích pytlů pak s konstrukcí typu „Z“ (obr. 13). Na obr. 11 je znázorněna komora „H“.

➤ Používané konstrukce pro spací pytle s vláknennou vrstvou:

Typ 1



Obr. 7 Prošívaná vrstva

Typ 2



Obr. 8 Sendvičová konstrukce

Typ 3



Obr. 9 Šindelová konstrukce

Typ 4



Obr. 10 Šindelová konstrukce

➤ Používané konstrukce pro spací pytle plněné peřím:

Typ 1



Obr. 11 Komora H

Typ 2



Obr. 12 Komora V

Typ 3



Obr. 13 Komora Z

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Propustnost

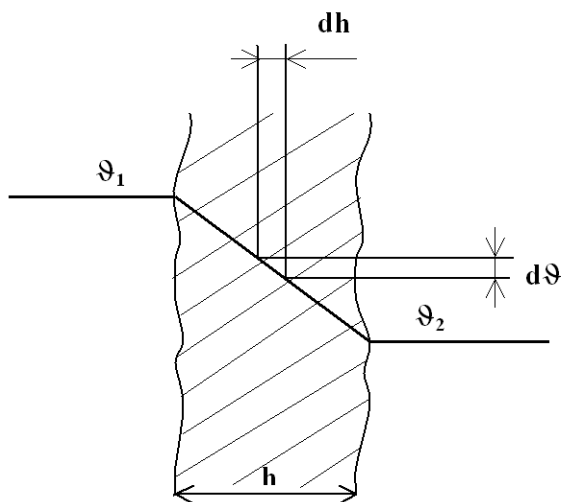
Pod pojmem propustnost si můžeme představit průnik určitého média přes vrstvu textilie, tj. přes její plochu. U spacích pytlů má velký význam prostup tepla a prostup vodních par (potu). Přestupy, neboli transporty mohou být realizovány v obou směrech, i když zpravidla převažuje směr od organismu do okolního prostředí.[1] Při prostupu dochází téměř vždy o prostup kombinovaný. To znamená, že např. k prostupu vlhkosti se vždy druží prostup tepla.

3.2 Tepelná propustnost - Togmeter

ISO 5085 část 1 (BS 4745).

Při stanovení množství prošlého tepla plošnou textilií vycházíme ze zásady šíření tepla homogenní vrstvou (obr. 14), na kterém je definován gradient teploty:

$$\text{grad } \vartheta = \frac{d\vartheta}{dh} = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{h} (m^{-1} \circ C) \quad (11)$$



Obr.14 Šíření tepla homogenní vrstvou

Jako hodnota tepelného spádu určující rychlost průniku. Šíření (odvod) tepla jde ve směru záporného gradientu.[1]

3.2.1 Vnější podmínky experimentu

Experiment se prováděl v laboratoři katedry oděvnictví. Místnost laboratoře je klimatizovaná, je zde tedy nastavitelná teplota a vlhkost vzduchu. Atmosféra pro kondicionování a zkoušení by měla být standardní atmosférou pro zkoušení podle definice v normě ISO 139, tj. relativní vlhkost $65\% \pm 2\%$ a teplota $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.2.2 Druh použitého materiálu

Pro laboratorní experiment byl zvolen materiál, ze kterého se vyrábějí spací pytle:

Varianta A - pro spací pytle, které mají izolační materiál ve formě rouna:

- **Vrchový materiál** (který se nachází na vnější straně spacího pytle):

Složení: 100% polyamid

Plošná měrná hmotnost: 58 g/m^2

Vazba: plátňová

Dostava: osnova – 45 nití/10 mm, útek – 36 nití/10 mm

- **Izolační materiál** (výplňkový):

Složení: 100% polyester

Plošná měrná hmotnost:

Typ 1: 305 g/m^2

Typ 2: 280 g/m^2

Typ 3: 235 g/m^2

Typ 4: 415 g/m^2

Vazba: ve formě rouna

- **Vnitřní materiál** (který se nachází na vnitřní straně spacího pytle):

Složení: 100% polyamid

Plošná měrná hmotnost: 58 g/m^2

Vazba: plátňová

Dostava: osnova – 45 nití/10 mm, útek – 36 nití/10 mm

- **Nitě použité k šití:**

Složení: 100% polyesterové hedvábí

Zákrut: S, trojmo-skaná

Jemnost: 440 dtex

Varianta B - pro spací pytle, které mají izolační materiál ve formě peří:

- **Vrchový materiál** (který se nachází na vnější straně spacího pytle):

Složení: 100% polyamid

Plošná měrná hmotnost: 58 g/m²

Vazba: plátňová

*Dostava:*osnova – 45 nití/10 mm, útek – 36 nití/10 mm

- **Izolační materiál** (výplňkový):

Složení: husí peří (hmotnost peří 0,22 kg/m²), poměr prachové peří/malá pírká-80/20.

- **Materiál tvořící přepážky mezi jednotlivými částmi izolační náplně:**

Složení: 100% polyamid

Plošná měrná hmotnost: 58 g/m²

*Vazba:*plátňová

*Dostava:*osnova – 45 nití/10 mm, útek – 36 nití/10 mm

- **Vnitřní materiál** (který se nachází na vnitřní straně spacího pytle):

Složení: 100% polyamid

Plošná měrná hmotnost: 58 g/m²

*Vazba:*plátňová

*Dostava:*osnova – 45 nití/10 mm, útek – 36 nití/10 mm

- **Nitě použité k šití:**

Složení: 100% polyesterové hedvábní




Zákrut: S, trojmo-skaná

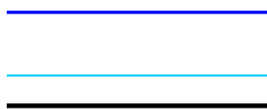
Jemnost: 440 dtex

3.2.3 Vrstvení použitého materiálu

Varianta A - pro spací pytle, které mají izolační materiál ve formě rouna:





Typ 1 (obr. 15):

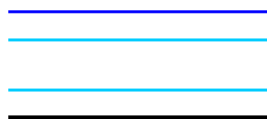
Materiál je vrstven v pořadí: vnější  → izolační  → vnitřní .



Obr. 15 Konstrukce – Typ 1




Typ 2 (obr. 16):

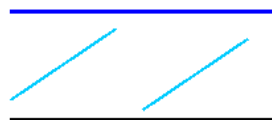
Materiál je vrstven v pořadí: vnější  → izolační  → izolační  → vnitřní .



Obr. 16 Konstrukce – Typ 2





Typ 3 (obr. 17):

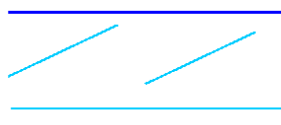
Materiál je vrstven v pořadí: vnější  → izolační  → vnitřní .



Obr. 17 Konstrukce – Typ 3

Typ 4 (obr. 18):




Materiál je vrstven v pořadí: vnější  → izolační  → izolační  → vnitřní .



Obr. 18 Konstrukce – Typ 4

Varianta B - pro spací pytle, které mají izolační materiál ve formě peří:




Typ 1 komora H (obr. 19):

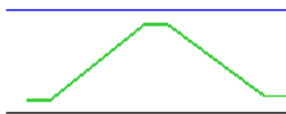
Pomocí třetího materiálu  se vytvoří svislé přepážky mezi jednotlivými komorami. Komory se naplní peřím. Vnější materiál , vnitřní materiál .



Obr. 19 Konstrukce – komora H




Typ 2 komora V (obr. 20):

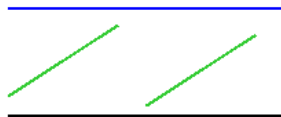
Pomocí třetího materiálu , střídavě se naklánějícího na jednu a druhou stranu, se vytvoří šikmé přepážky, které vytvoří jednotlivé komory. Komory se naplní peřím. Vnější materiál , vnitřní materiál .



Obr. 20 Konstrukce – komora V

Typ 3 komora Z (obr.21):

Pomocí třetího materiálu  se vytvoří šikmé přepážky mezi jednotlivými komorami. Komory se naplní peřím. Vnější materiál , vnitřní materiál .



Obr. 21 Konstrukce – komora Z

3.2.4 Konstrukce použitých švů

Varianta A - pro spací pytle které mají izolační materiál ve formě rouna:

(Pozn.: Prošití vrstev materiálu ♦)

Typ 1 (obr. 22):

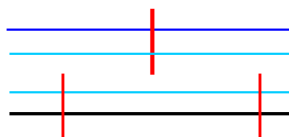
Vnitřní materiál je sešitý s izolačním materiálem, spojení všech tří materiálů je provedeno v bočních švech spacího pytle.



Obr. 22 Prošitá konstrukce – Typ 1

Typ 2 (obr. 23):

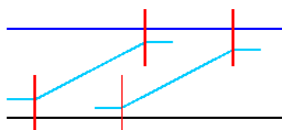
Dvě vrstvy izolačního materiálu. První vrstva izolačního materiálu je spojená s vnějším materiálem a druhá vrstva izolačního materiálu je spojena s vnitřním materiálem. Důležitým prvkem je, aby prošití vrchní vrstvy s izolačním materiálem bylo posunuto oproti prošití vnitřní vrstvy s izolačním materiálem, a to z toho důvodu, aby nedocházelo k tepelným ztrátám přes šev spacího pytle.



Obr. 23 Prošitá konstrukce – Typ 2

Typ 3 (obr. 24):

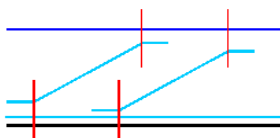
Izolační materiál je zde kladen šikmo a sešíván střídavě s vnějším a vnitřním materiálem.



Obr. 24 Prošitá konstrukce – Typ 3

Typ 4 (obr. 25):

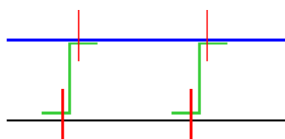
Dvě vrstvy izolačního materiálu. První izolační materiál je zde kladen šikmo a sešíván střídavě s vnějším a vnitřním materiálem, druhý izolační materiál je vložen mezi první izolační materiál a vnitřní materiál a sešíván k vnitřnímu materiálu spolu s prvním izolačním materiálem.



Obr. 25 Prošitá konstrukce – Typ 4

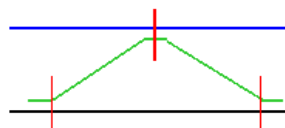
Varianta B - pro spací pytle které mají izolační materiál ve formě peří:

Typ 1 komora H (obr. 26):



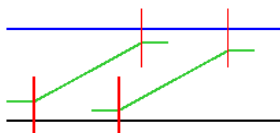
Obr. 26 Prošitá konstrukce – komora H

Typ 2 komora V (obr. 27):



Obr. 27 Prošitá konstrukce – komora V

Typ 3 komora Z (obr. 28):



Obr. 28 Prošitá konstrukce – komora Z

3.2.5 Tloušťka použitých vzorků

Přístroj: SDL Digital Thickness Gauge, model No.: M034A, serial No: P506420

Podmínky měření:

přítlak – 100 Pa

plocha měřicí hlavy – 100 cm²

Veškeré naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulkách 2 – 8 v příloze.

V tabulce 9, 10 jsou uvedeny pouze průměrné tloušťky jednotlivých konstrukcí.

Tab. 9 Průměrná tloušťka konstrukce s vlákněným roumem

Vlákněné rouno	
	tloušťka - průměr [mm]
Typ 1	18,52
Typ 2	17,49
Typ 3	16,35
Typ 4	23,19

Tab. 10 Průměrná tloušťka péřové konstrukce

Peří	
	tloušťka - průměr [mm]
Typ 1 komora H	17,84
Typ 2 komora V	16,73
Typ 3 komora Z	18,05

3.2.6 Příprava vzorků

- Kruhové vzorky o průměru 330 mm, bez pomačkání a záhybů (minimálně tři vzorky od každého materiálu).
- Klimatizování vzorků po dobu 24 hodin.

3.2.7 Měření tepelné propustnosti

Pro měření tepelné propustnosti byla zvolena metoda měření se dvěma hlavami, protože tato metoda se používá u materiálů vyšších konstrukcí, jako jsou například spací pytle.

Atmosféra pro kondicionování a zkoušení:

Atmosféra pro kondicionování a zkoušení by měla být standardní atmosférou pro zkoušení podle definice v normě ISO 139, tj. relativní vlhkost $65\% \pm 2\%$ a teplota $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Postup zkoušky:

- 1) Zapnout ovládací skříňku – HEATING, ventilátor a zapisovač dat teplot.
- 2) Zapnout elektrická topná tělesa a nastavit teplotu tak, aby T2 registrovala teplotu 304 - 308 °K.
- 3) Zjistit tloušťku textilie při přítlaku 6,9 Pa horní desky Togmeteru.
- 4) Položit klimatizovaný vzorek na spodní desku a přiložit horní desku. Na třech tloušťkoměrech Togmeteru nastavit zjištěnou tloušťku textilie při stanoveném přítlaku.
- 5) Teplotu registrovanou čidly T1, T2, T3 zaznamenat s přesností na 0,1 °C.

3.2.8 Charakteristika přístroje TOGMETER

Přístroj Togmeter je vhodný pro zkoušení tepelného odporu podle ISO 5085 část 1 (BS 4745).

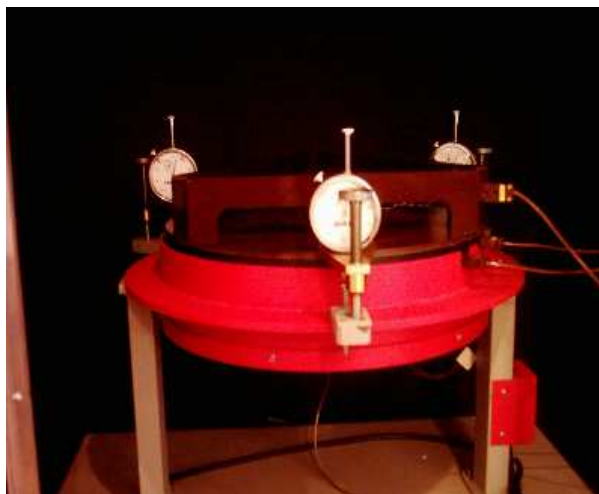
Princip: pro stanovení tepelného odporu a tepelné vodivosti textilií je přístroj vybaven teplotními čidly a topné těleso je ovládáno digitálním ovladačem teploty. Přístroj je uložen ve skříni s řízeným prouděním vzduchu.

Pohled na celý přístroj (obr. 29):



Obr. 29 Togmeter

Pohled na měřící plochu (obr. 30):



Obr. 30 Hlava Togmeteru

Přístroj: SDL international, textile testing solutions, serial No.: P507465

Digitální zapisovač dat: Agilent, 34970A, Data Acquisition/Switch Unit.

3.2.9 Vyhodnocení experimentu

Hodnoty bez vzorku:

T1 = 37,7 °C; **T2** = 30,7 °C; **T3** = 22,5 °C.

Hodnoty se vzorkem:

Tab. 11 Výsledky experimentu (Togmeter) – vlákenné rouno

Vlákenné rouno					
Měření tepelné odolnosti					
(laboratoř: 20°C, 55% vlhkosti)					
		T1[°C]	T2[°C]	T3[°C]	Rf [m² K/W]
Typ 1	<i>průměr</i>	38,7	35,8	25,0	0,284
Typ 2	<i>průměr</i>	38,7	35,9	25,3	0,292
Typ 3	<i>průměr</i>	38,6	35,7	25,3	0,261
Typ 4	<i>průměr</i>	38,8	36,1	24,3	0,367

Hodnoty bez vzorku:

T1 = 37,7 °C; **T2** = 31,0 °C; **T3** = 22,3 °C.

Hodnoty se vzorkem:

Tab. 12 Výsledky experimentu (Togmeter) – peří

Peří					
Měření tepelné odolnosti					
(laboratoř: 20°C, 60% vlhkosti)					
		T1[°C]	T2[°C]	T3[°C]	Rf[m² K/W]
Typ 1 komora H	<i>průměr</i>	38,7	35,9	24,6	0,303
Typ 2 komora V	<i>průměr</i>	38,8	36,0	24,9	0,313
Typ 3 komora Z	<i>průměr</i>	38,8	36,3	24,7	0,373

$$R_f = \left(\frac{\theta''^2 - \theta_a}{\theta''^1 - \theta''^2} - \frac{\theta'''^2 - \theta_a}{\theta'''^1 - \theta'''^2} \right) \cdot R_s \quad (12)$$

R_stepelný odpor "standardu" (pro Togmetr na katedře oděvnictví.....0,112 m²K/W).

R_ftepelný odpor zkoušeného vzorku [m²K/W].

θ_1teplota zaznamenaná čidlem T1 [°C].

θ_2teplota zaznamenaná čidlem T2 [°C].

θ_ateplota zaznamenaná čidlem T3 [°C].

".....naměřeno se vzorkem.

"'".....naměřeno bez vzorku

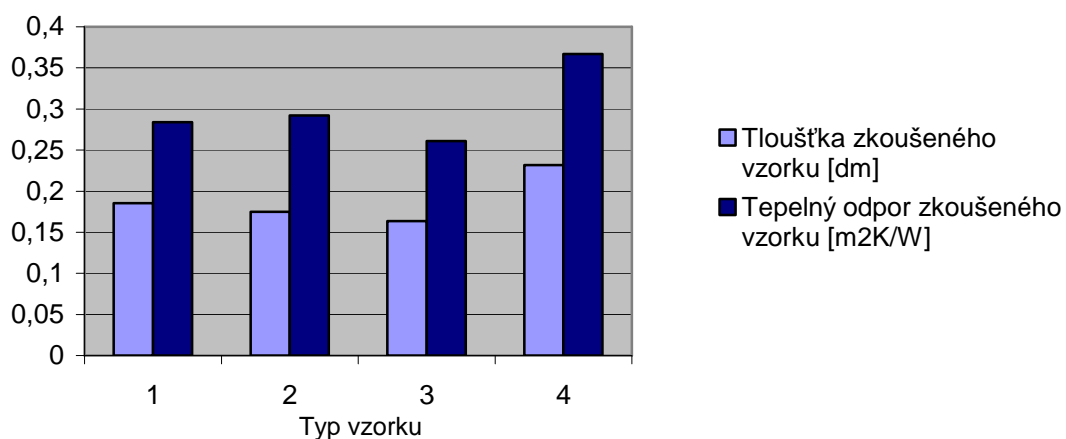
Porovnání závislosti tepelného odporu na tloušťce materiálu a konstrukci:

Tab. 13 Výsledky experimentu (Togmeter) - vlákenné rouno - průměrné hodnoty

Vlákenné rouno		
	tloušťka - průměr [mm]	Rf – průměr [m ² K/W]
Typ 1	18,52	0,284
Typ 2	17,49	0,292
Typ 3	16,35	0,261
Typ 4	23,19	0,367

Grafické znázornění výsledků z tabulky 13:

Graf 1 Porovnání závislosti tepelného odporu na tloušťce materiálu (Togmeter) - vlákenné rouno



Závěr měření:

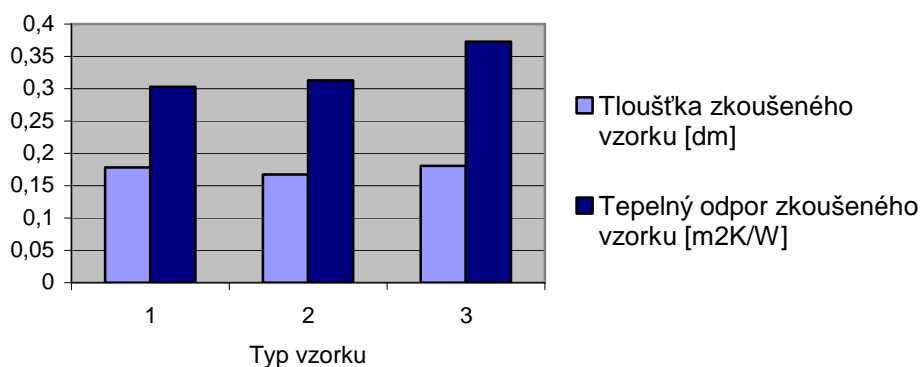
Z grafu 1 je patrné, že největšího tepelného odporu dosáhl vzorek Typ 4, jehož tloušťka je v porovnání se vzorky Typ 1, 2 a 3 největší. Nejmenší tepelný odpor je u vzorku Typ 3, kde je tloušťka vzorku v porovnání s ostatními nejmenší. U vzorků Typ 1 a Typ 2 není výrazný rozdíl v tepelném odporu ani v jejich tloušťce.

Tab. 14 Výsledky experimentu (Togmeter) – peří – průměrné hodnoty

Peří		
	tloušťka - průměr [mm]	Rf – průměr [$\text{m}^2 \text{K/W}$]
Typ 1 komora H	17,84	0,303
Typ 2 komora V	16,73	0,313
Typ 3 komora Z	18,05	0,373

Grafické znázornění výsledků z tabulky 14:

Graf 2 Porovnání závislosti tepelného odporu na tloušťce materiálu (Togmeter) - peří

**Závěr měření:**

V grafu 2 byl zjištěn největší tepelný odpor u vzorku Typ 3 komora Z, jehož tloušťka je největší. Typ 1 komora H a Typ 2 komora V mají přibližně stejnou tloušťku a ani tepelný odpor není výrazně rozdílný.

Porovnáme-li tabulku 13 a tabulku 14 zjistíme, že konstrukce plněné péřovou náplní mají většinou lepší tepelný odpor než konstrukce s vlákněným materiálem. Nejlepší odpor má péřová konstrukce Typ 3 komora Z, dále vlákněná konstrukce Typ 4, následuje péřová konstrukce Typ 2 komora V, péřová konstrukce Typ 1 komora H, vlákněná konstrukce Typ 2, vlákněná konstrukce Typ 1 a vlákněná konstrukce Typ 3.

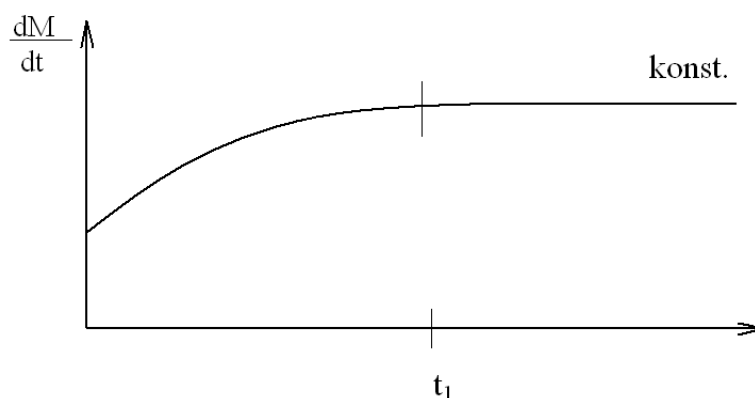
3.3 Tepelná odolnost a odolnost vůči vodním parám - PSM

Norma: ČSN EN 31092 (ISO 11092)

Tepelná odolnost je výsledkem kombinace přenosu tepla sálavého, kondukčního a konvenčního. Jeho hodnota závisí na tom, jak každé z nich přispívá k celkovému přestupu tepla. Ačkoliv jde o vnitřní vlastnosti materiálu, její měřená hodnota se může měnit následkem podmínek při zkoušce, vlivem vzájemného působení složek, jako např. přenosu sálavého tepla do okolí.[4] Tepelná odolnost je stanovena jako rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu rozdělenými výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu.

Odolnost vůči vodním parám je stanovena jako rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu.

Přechod par textilním materiálem je složitý pochod, který se uskutečňuje difúzí vodních par přes póry materiálů a též odvod vlhkosti do samotné textilie a až po určitém čase, kdy dojde k rovnováze se děj stává stacionární, tj. $dM/dt = \text{konstantní}$ (graf 3).



Graf 3 Stacionární děj

3.3.1 Vnější podmínky experimentu

Experiment se prováděl v laboratoři katedry oděvnictví. Místnost laboratoře je klimatizovaná, je zde tedy nastavitelná teplota a vlhkost vzduchu. Atmosféra pro kondicionování a zkoušení by měla být standardní atmosférou pro zkoušení podle definice v normě ISO 139, tj. relativní vlhkost $65\% \pm 2\%$ a teplota $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.3.2 Druh použitého materiálu

Druh materiálu (varianta A i varianta B) je shodný s materiálem používaným při zkoušce Togmeterem, viz 3.2.2, str. 33-34.

3.3.3 Vrstvení použitého materiálu

Vrstvení materiálu (varianta A i varianta B) je shodné s vrstvením materiálu při zkoušce Togmeterem, viz 3.2.3, str. 35-36.

3.3.4 Konstrukce použitých švů

Konstrukce použitých švů (varianta A i varianta B) je shodná s konstrukcí použitých švů při zkoušce Togmeterem, viz 3.2.4, str. 37-38.

3.3.5 Příprava vzorků

- Tloušťka vzorku > 0,5mm.
- Velikost: 280 x 280 mm.
- Počet vzorků: minimálně 3 od každého materiálu.
- Vzorky bez pomačkání a záhybů.
- Vzorky musí být předem klimatizovány minimálně 12 hodin.

3.3.6 Měření tepelné odolnosti R_{ct} [m^2K/W]

Postup zkoušky:

Před započítáním zkoušek vytvoříme soubor, do kterého budou výsledky ukládány.

- 1) Spustit příkaz v programu (PSM).
- 2) Probíhá temperace přístroje
- 3) Po skončení temperace vložit vzorek na měřicí desku (horní strana musí být souběžná s rovinou okolní desky).
- 4) Vložit rámeček s výřezem bez osazení.
- 5) Nasadit kryt.
- 6) Spustit příkaz "pokračovat".
- 7) Zadat název souboru, do něhož budou výsledky ukládány (vyplnit všechny příkazem žádané položky).
- 8) Spustit příkaz "pokračovat".

3.3.7 Měření propustnosti vodních par Ret [$m^2 Pa/W$]

Postup zkoušky:

- 1) Spustit příkaz v programu (PSM).
- 2) Probíhá temperace přístroje a plnění vnitřního zásobníku vodou.
- 3) Po skončení temperace vložit celofánovou membránu, odstranit vzduchové bubliny.
- 4) Vložit rámeček s osazením a výřezem a vzorky na měřicí desku (horní strana musí být souběžná s rovinou okolní desky).
- 5) Vložit rámeček s výřezem bez osazení.
- 6) Nasadit kryt.
- 7) Spustit příkaz "pokračovat".
- 8) Zadat název souboru, do něhož budou výsledky ukládány (vyplnit všechny příkazem žádané položky).
- 9) Spustit příkaz "pokračovat".

Měřené hodnoty:

T_m – teplota měřicí jednotky [$^{\circ}C$].

T_s – teplota tepelného chrániče [$^{\circ}C$].

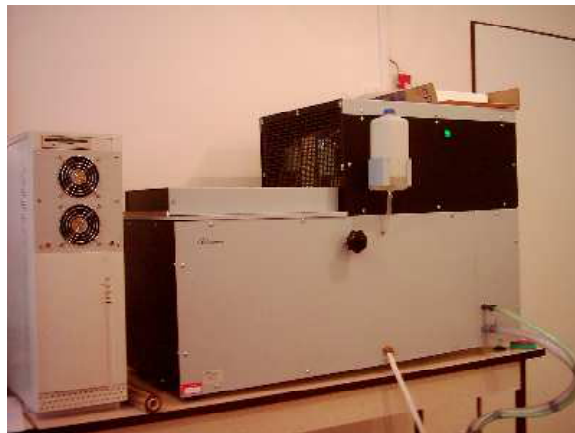
T_a – teplota vzduchu ve zkušebním prostoru [$^{\circ}C$].

H – výhřevnost měřicí jednotky [W].

3.3.8 Charakteristika přístroje PSM

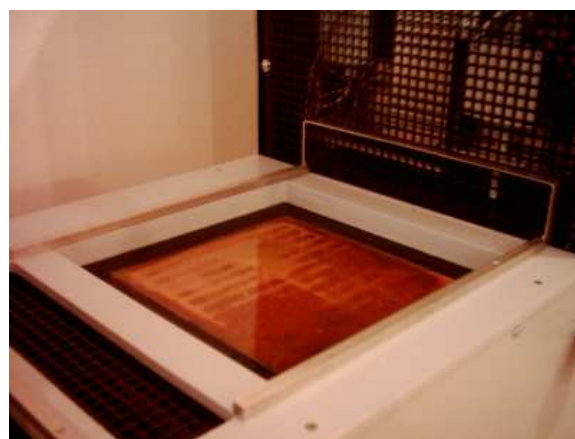
Přístroj pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním páráům.

Pohled na celý přístroj (obr. 31):



Obr. 31 Přístroj PSM

Pohled na měřicí plochu (obr. 32):



Obr. 32 Měřicí plocha přístroje PSM

Typ: PSM – 2, No.:0312 001.

3.3.9 Vyhodnocení experimentu

Tab. 15 Výsledky experimentu (PSM) – vlákenné rouno

Vlákenné rouno					
Měření tepelné odolnosti					
(laboratoř: 20°C, 55% vlhkosti)					
		T_m [°C]	T_s [°C]	H [W]	R_{ct} [m²K/W]
Typ 1	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,43	0,360
Typ 2	<i>průměr</i>	35,02	35,00	1,19	0,513
Typ 3	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,45	0,343
Typ 4	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,24	0,419

Tab. 16 Výsledky experimentu (PSM) - peří

Peří					
Měření tepelné odolnosti					
(laboratoř: 20°C, 60% vlhkosti)					
		T_m [°C]	T_s [°C]	H [W]	R_{ct} [m²K/W]
Typ 1 komora H	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,41	0,359
Typ 2 komora V	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,51	0,313
Typ 3 komora Z	<i>průměr</i>	35,00	35,00	1,33	0,372

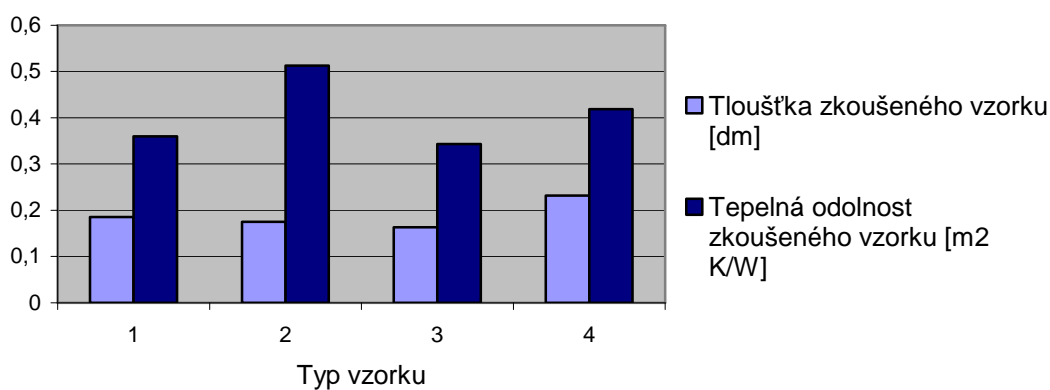
Porovnání závislosti tepelné odolnosti na tloušťce materiálu a konstrukci:

Tab. 17 Výsledky experimentu (PSM) – vlákenné rouno – průměrné hodnoty

Vlákenné rouno		
	tloušťka - průměr [mm]	Rct - průměr[m ² K/W]
Typ 1	18,52	0,360
Typ 2	17,49	0,513
Typ 3	16,35	0,343
Typ 4	23,19	0,419

Grafické znázornění výsledků z tabulky 17:

Graf 4 Porovnání závislosti tepelné odolnosti na tloušťce materiálu (PSM) - vlákenné rouno



Závěr měření:

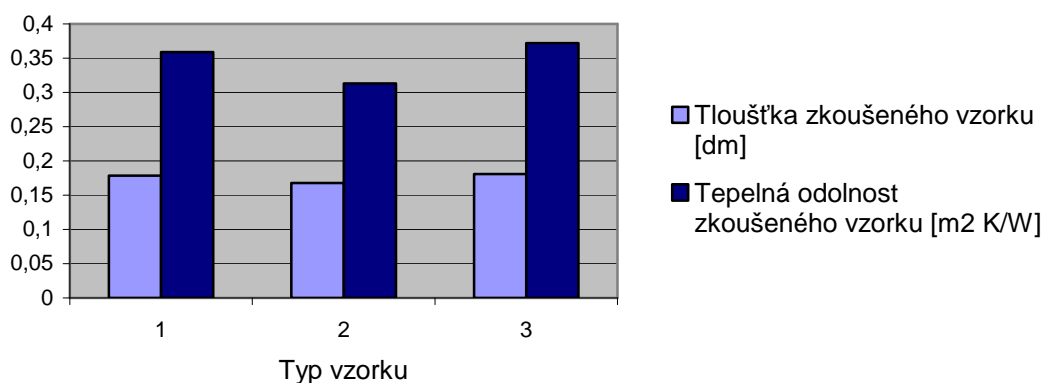
Z grafu 4 je patrné, že největší tepelný odpor dosáhl vzorek Typ 2. Vzorek Typ 4 měl druhý největší odpor. Nejnižší tepelný odpor je u vzorku Typ 3, kde je tloušťka vzorku v porovnání s ostatními nejmenší.

Tab. 18 Výsledky experimentu (PSM) – peří – průměrné hodnoty

Peří		
	tloušťka - průměr [mm]	Rct - průměr [$\text{m}^2 \text{K/W}$]
Typ 1 komora H	17,84	0,359
Typ 2 komora V	16,73	0,313
Typ 3 komora Z	18,05	0,372

Grafické znázornění výsledků z tabulky 18:

Graf 5 Porovnání závislosti tepelné odolnosti na tloušťce materiálu (PSM) - peří

**Závěr měření:**

Z grafu 5 byl zjištěn největší tepelný odpor u vzorku Typ 3 komora Z, jehož tloušťka je největší. Typ 1 komora H má druhý největší odpor. Nejnižší odpor vykazuje vzorek Typ 2 komora V.

Porovnáme-li graf 4 a graf 5 zjistíme, že obě konstrukce mají podobné výsledky tepelného odporu. Nejlepší odpor má vlákenná konstrukce Typ 2, dále vlákenná konstrukce Typ 4, následuje péřová konstrukce Typ 3 komora Z, vlákenná konstrukce Typ 1, péřová konstrukce Typ 1 komora H, vlákenná konstrukce Typ 3 a péřová konstrukce Typ 2 komora V.

Tab. 19 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno - měření odolnost proti vodním párá

Vlákenné rouno						
Měření odolnosti vůči vodním párá:						
(laboratoř: 19°C, 50% vlhkosti)						
		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	Ret [m² Pa/W]
Typ 1	<i>průměr</i>	35,19	35,21	35,02	4,54	37,775
Typ 2	<i>průměr</i>	35,00	35,08	34,99	6,43	26,932
Typ 3	<i>průměr</i>	35,03	35,10	35,01	4,93	39,636
Typ 4	<i>průměr</i>	35,00	35,00	35,00	6,22	27,546

Tab. 20 Výsledky experimentu (PSM) - peří - měření odolnost proti vodním párá

Peří						
Měření odolnosti vůči vodním párá:						
(laboratoř: 20°C, 60% vlhkosti)						
		T_m [°C]	T_s [°C]	T_a [°C]	H [W]	Ret [m² Pa/W]
Typ 1 komora H	<i>průměr</i>	34,99	35,00	34,99	6,51	27,995
Typ 2 komora Z	<i>průměr</i>	35,00	35,01	35,00	6,21	27,719
Typ 3 komora V	<i>průměr</i>	35,00	35,00	34,99	6,83	25,476

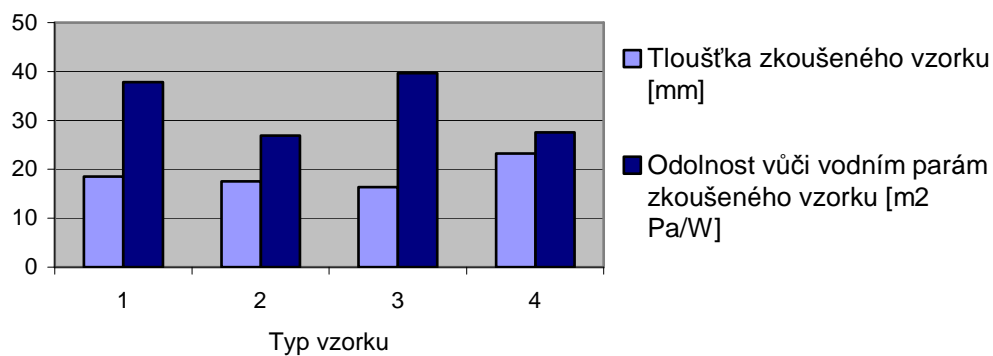
Porovnání závislosti odolnosti vůči vodním parám na tloušťce materiálu a konstrukci:

Tab. 21 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno - měření odolnost proti vodním parám; průměrné hodnoty

Vlákenné rouno		
	tloušťka - průměr [mm]	Ret - průměr [$\text{m}^2 \text{ Pa/W}$]
Typ 1	18,52	37,775
Typ 2	17,49	26,932
Typ 3	16,35	39,636
Typ 4	23,19	27,546

Grafické znázornění výsledků z tabulky 21:

Graf 6 Porovnání závislosti odolnosti vůči vodním parám na tloušťce materiálu (PSM) - vlákenné rouno



Závěr měření:

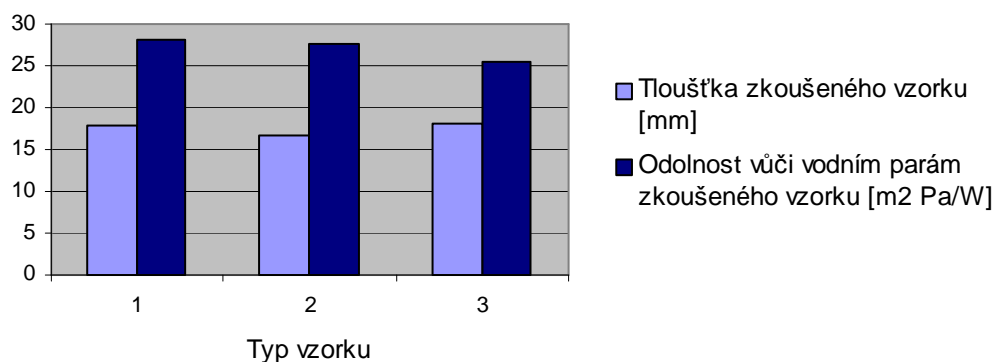
Z grafu 6 je patrné, že nejlepší odolnost proti vodním parám dosáhl vzorek Typ 3, druhý nejodolnější vzorek vůči vodním parám je Typ 1. U vzorků Typu 2 a 4 je odolnost srovnatelná.

Tab. 22 Výsledky experimentu (PSM) - peří - měření odolnost proti vodním parám; průměrné hodnoty

Peří		
	tloušťka - průměr [mm]	Ret - průměr [$\text{m}^2 \text{ Pa/W}$]
Typ 1 komora H	17,84	27,995
Typ 2 komora V	16,73	27,719
Typ 3 komora Z	18,05	25,476

Grafické znázornění výsledků z tabulky 22:

Graf 7 Porovnání závislosti odolnosti vůči vodním parám na tloušťce materiálu (PSM) - peří

**Závěr měření:**

Z grafu 7 byl zjištěn největší odpor proti vodním parám u vzorku Typ 1 komora H. O málo nižší odpor má Typ 2 komora V. Typ 3 komora Z má odpor nejnižší.

Porovnáme-li graf 6 a graf 7 zjistíme, že nejlepší odolnost vůči parám má vlákenná konstrukce Typ 3, dále vlákenná konstrukce Typ 1, následuje péřová konstrukce Typ komora H, péřová konstrukce Typ 2 komora V, vlákenná konstrukce Typ 4, vlákenná konstrukce Typ 2 a péřová konstrukce Typ 3.

3.3.10 Doporučení typů spacích pytlů pro určité klimatické podmínky

Chceme-li doporučit spací pytel do určitých klimatických podmínek, je nutné znát prostředí ve kterém se bude spací pytel používat. Základní rozdělení spacích pytlů podle teplot do kterých jsou určeny:

- *Letní*
lehké spací pytle pro běžnou prázdninovou turistiku.
- *Třísezónní* (jaro, léto, podzim)
vynikají svojí variabilitou, které je možno využít jak za teplých letních nocí, tak i za chladných horských teplot. Náplň obou těchto typů je možná, jak péřová, tak syntetická.
- *Zimní*
spací pytel je určen do extrémních klimatických podmínek, používá se téměř výhradně péřový.

Pro člověka aktivního celý rok je optimální vlastnit 3 spací pytle. Jeden lehký letní, vážící přibližně 1 kg, jeden univerzální 3 sezónní, vážící přibližně 1,5 - 2 kg a jeden zimní vážící nad 2 kg. Důležitým vodítkem při výběru spacích pytlů je teplotní údaj o komfortním rozmezí a extrémní hodnotě použití spacího pytle. Teplotní rozsahy jsou pořízené z nezávislých pozorování, ale nemohou být údaji garančními. Důležité je mít správnou velikost. Pokud je spací pytel příliš velký je nebezpečí, že v něm bude uživateli zima. Naopak, především zimní spací pytel by měl umožňovat pohodlné natažení těla a zašněrování vchodu u hlavy.

Strih: základní rozdělení je na dekové (letní spacáky) a mumiové (převážně všechny ostatní).

Zdrhovadlo: zásadně rozšiřuje rozsah použitelných teplot, umožňuje v případě potřeby odvětrávat a spojovat spací pytle dohromady po dvou. Hlavně však musí být zateplen vnitřní légou a měl by mít obousměrné jezdce.

Zateplovací límec: dobrý zateplovací límec výrazně zlepší tepelné podmínky ve spacím pytli. Měl by se dát stáhnout kolem krku. Zateplovací límec je jako součást spacího pytle pro použití při teplotách pod bodem mrazu nezbytný, lze tak dosáhnout utěsnění spodní části a nepouštět do ní vydýchanou vlhkost.

Kapuce: u zimního spacáku zcela nepostradatelná věc, neboť je potřeba dobře izolovat hlavu od chladu.

Mají-li být určeny přesně teploty, do kterých by bylo možné použít navržené soustavy spacích pytlů, je nutné použití normy. Způsob měření tepelně-izolačních vlastností spacích pytlů, resp. způsob stanovení teplotních rozmezí spacích pytlů, žádná česká norma nedefinuje. Čeští výrobci spacích pytlů jsou proto odkázáni na informace o tepelném odporu nebo o teplotním rozmezí roun, které získali pouze od výrobců nebo dodavatelů těchto materiálů. Současně však čeští výrobci nejsou vázáni žádnou normou k tomu, aby teplotní rozmezí udávané na svých spacích pytlích bylo skutečně podložené zkoušením, či aby odpovídalo realitě.

Existují dvě zahraniční normy, které se přímo týkají měření tepelně-izolačních vlastností spacích pytlů. První norma je Evropská norma EN 13537 a druhá norma je francouzská norma NF G 08-013. Obě tyto normy se zabývají stejnou problematikou s tím rozdílem, že každá z těchto norem používá mírně odlišný model měření, čímž pak dochází k odlišným hodnotám teplotního rozmezí. Obě tyto normy používají ke zkoušce vyhřívané figuríny, ale ve své podstatě se nijak výrazně neliší od zkoušky tepelné odolnosti definované normou ČSN EN 31092 (Zjišťování fyziolog. vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním páram za stálých podmínek; zkouška pocením vyhřívanou destičkou). V obou normách je stanoveno teplotní rozmezí spacího pytle experimentálně a nebo pomocí výpočtu, ale není zde uveden výpočetní postup. Normy pouze uvádějí tabulky pro převod tepelného odporu spacího pytle na jednotlivé teploty jeho teplotního rozsahu.

R_e [Km ² /W]	T_{ext} [°C]	T_{lim} [°C]	T_{comf} [°C]
0,62	-2,9	9,7	13,3
0,66	-4,9	8,1	12,0
0,70	-6,9	6,6	10,7
0,74	-8,8	5,1	9,4
0,78	-10,8	3,6	8,1
0,82	-12,8	2,2	6,9
0,86	-14,7	0,7	5,6
0,90	-16,7	-0,8	4,3
0,94	-18,6	-2,3	3,1
0,98	-20,5	-3,7	1,8

1,02	-22,4	-5,2	0,6
1,06	-24,3	-6,7	-0,7
1,10	-26,2	-8,1	-1,9
1,14	-28,1	-9,5	-3,1
1,18	-30,0	-11,0	-4,4
1,22	-31,8	-12,4	-5,6
1,26	-33,6	-13,8	-6,8
1,30	-35,5	-15,2	-8,0
1,34	-37,3	-16,7	-9,2
1,38	-39,1	-18,1	-10,4
1,42	-40,9	-19,5	-11,6
1,46	-42,7	-20,8	-12,8
1,50	-44,4	-22,2	-14,0
1,54	-46,2	-23,6	-15,2

Tab. 23: Převod tepelného odporu spacího pytle na jeho teplotní rozmezí podle evropské normy

R_t [Km ² /W]	T_{ext} [°C]	T_{lim} [°C]	T_{conf} (záda) [°C]	T_{conf} (chodidla) [°C]
0,16	22,0	26,8	27,7	20,7
0,29	15,0	20,5	22,3	15,3
0,39	10,4	16,5	18,7	11,7
0,53	3,6	10,5	13,4	6,4
0,59	0,6	7,8	11,1	4,1
0,70	-4,6	3,2	7,1	0,1
0,82	-10,5	-2,1	2,5	-4,5
0,91	-15,0	-6,0	-0,9	-7,9
1,02	-20,1	-10,5	-4,9	-11,9
1,13	-25,2	-15,1	-8,8	-15,8
1,24	-30,2	-19,6	-12,7	-19,7
1,35	-35,3	-24,1	-16,7	-23,7
1,46	-40,2	-28,4	-20,6	-27,6
1,55	-44,5	-32,2	-29,9	-36,9

Tab. 24: Převod tepelného odporu spacího pytle na jeho teplotní rozmezí podle francouzské normy

K vyhodnocení experimentu je tedy možné použít pouze tabulku z normy francouzské, jelikož tabulka normy evropské nezahrnuje hodnoty naměřené v experimentu. Avšak, je nutné podotknout, že tabulky lze použít pouze jako orientační, jelikož jak již bylo zmíněno dříve se nejedná o totožnou zkoušku tepelného odporu uvedenou v těchto dvou normách, jako při experimentu v této práci.

Pokud se tedy budeme řídit tabulkou 24 z francouzské normy můžeme uvést, že navržené vzorky konstrukcí spacích pytlů použité při experimentu lze doporučit do těchto teplot:

Výsledky naměřené na přístroji Togmeter:

vlákenné rouno					
	R_f [m²K/W]	T_{ext} [°C]	T_{lim} [°C]	T_{conf} (záda) [°C]	T_{conf} (chodidla) [°C]
Typ 1	0,284	15	20,5	22,3	15,3
Typ 2	0,292	15	20,5	22,3	15,3
Typ 3	0,261	15	20,5	22,3	15,3
Typ 4	0,367	10,4	16,5	18,7	11,7

Tab. 25: Přehled teplotního rozmezí pro spací pytle plněné vlákenným rounem (Togmeter);
rozmezí podle francouzské normy

Peří					
	R_f [m²K/W]	T_{ext} [°C]	T_{lim} [°C]	T_{conf} (záda) [°C]	T_{conf} (záda) [°C]
Typ 1 komora H	0,359	10,4	16,5	18,7	11,7
Typ 2 komora V	0,313	15	20,5	22,3	15,3
Typ 3 komora Z	0,372	10,4	16,5	18,7	11,7

Tab. 26: Přehled teplotního rozmezí pro spací pytle plněné peřím (Togmeter);
rozmezí podle francouzské normy

Výsledky naměřené na přístroji PSM:

vlákenné rouno					
	Rf [m2K/W]	Text [°C]	Tlim [°C]	Tconf (záda) [°C]	Tconf (chodidla) [°C]
Typ 1	0,36	10,4	16,5	18,7	11,7
Typ 2	0,513	3,6	10,5	13,4	6,4
Typ 3	0,343	10,4	16,5	18,7	11,7
Typ 4	0,419	10,4	16,5	18,7	11,7

Tab. 27: Přehled teplotního rozmezí pro spací pytle plněné vlákenným rounem (PSM);
rozmezí podle francouzské normy

Peří					
	Rf [m2K/W]	Text [°C]	Tlim [°C]	Tconf (záda) [°C]	Tconf (chodidla) [°C]
Typ 1 komora H	0,359	10,4	16,5	18,7	11,7
Typ 2 komora V	0,313	15	20,5	22,3	15,3
Typ 3 komora Z	0,372	10,4	16,5	18,7	11,7

Tab. 28: Přehled teplotního rozmezí pro spací pytle plněné peřím (PSM);
rozmezí podle francouzské normy

Podle tabulek 25 – 28 lze navržené konstrukce spacích pytlů použít v převážné většině pro spací pytle do teplot:

$$T_{\text{ext}}: 10,4 \text{ °C}$$

$$T_{\text{lim}}: 16,5 \text{ °C}$$

$$T_{\text{conf}} (\text{záda}): 18,7 \text{ °C}$$

$$T_{\text{conf}} (\text{chodidla}): 11,7 \text{ °C}$$

Navržené konstrukce spacích pytlů se tedy dají použít především pro letní období kdy teploty neklesají pod 10 °C.

4. Závěr

Kvalita spacího pytle je dána především tepelně izolačními vlastnostmi a použitou konstrukcí spacího pytle. Hlavním problémem je odlišit kvalitní spací pytel od toho méně kvalitního. Okrajově nám v tomto problému může pomoci cena, popřípadě si zvolíme výrobce, který je známý a již působí na našem trhu delší dobu. Základním předpokladem pro dobrou izolaci spacího pytle je izolační náplň. Před koupí spacího pytle je nutné se zamyslet, do jakých klimatických podmínek budeme spací pytel používat a teprve poté si zvolíme vhodný typ. Pokud bychom si nevěděli rady, který ze dvou spacích pytlů zvolit je vždy dobré vybrat teplejší variantu. Velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje pohodlí a udržování teploty ve spacím pytli je kvalitní izolační podložka. Všechny dříve jmenované vlastnosti lze velmi snadno ovlivnit. Co však lze jen těžko ovlivnit je subjektivní vnímání člověka. Každý člověk se bude v určitém prostředí cítit jinak. Tyto pocity jsou dány tím, že každý člověk má jinou hmotnost těla, jinou rychlost ohřívání těla, jiný tlak, jinak se mu prokrvuje kůže, k těmto vlastnostem lidského těla je též nutné přihlédnout při výběru spacího pytle.

Problémem týkajícím se spacích pytlů v České republice je to, že norma pro spací pytle není závazná, ale pouze doporučená. Je tedy zcela na výrobcí zda normu použije či nikoliv. Všechny spací pytle by měly mít etiketu s teplotním určením, které by mělo udávat alespoň tři základní hodnoty mezních teplot, avšak na tyto hodnoty se nelze zcela spolehnout, protože nemusí být podloženy měřením. Mnohokrát si výrobci sami upravují hodnoty, aby dosáhli lepších hodnot, než má konkurenční výrobce.

5. Seznam použitých zdrojů

- [1] Ing. Jaroslav Staněk, CSc: Oděvní materiály, 1986
- [2] Delljová, R. A., Afanasjevová, R. F., Čubarovová, Z. S. Hygiena odívání. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979.144s.
- [3] Všeobecná encyklopedie ve čtyřech svazcích - Diderot. 1. vyd. Praha: Nakladatelský dům OP, 1998. ISBN 80-85841-17-7 (soubor), ISBN 80-85841-37-1 (4. svazek).
- [4] ČSN EN 31092 (80 0819)
- [5] <http://www.spacaky.cz>
- [6] <http://www.svetoutdooru.cz/>
- [7] <http://www.primaspacaky.cz/>
- [8] <http://www.hannah.cz/>
- [9] <http://www.ferrino.cz/fotoreference/en-13537.php>
- [10] <http://www.malypruvodce.cz/>
- [11] <http://www.alpina.cz/>
- [12] <http://www.bartsport.cz/>
- [13] <http://www.sirjoseph.cz/>
- [14] <http://www.warmpeace.cz/>
- [15] <http://en.allmetclim.com/>
- [16] ČSN EN 13537
- [17] NF G 08 013

6. Seznam použitých tabulek

- Tab. 1 Stanovení tepelné produkce člověka
Tab. 2 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 1
Tab. 3 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 2
Tab. 4 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 3
Tab. 5 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 4
Tab. 6 Naměřené tloušťky péřové konstrukce komory H
Tab. 7 Naměřené tloušťky péřové konstrukce komory V
Tab. 8 Naměřené tloušťky péřové konstrukce komory Z
Tab. 9 Průměrná tloušťka konstrukce s vlákenným rounem
Tab. 10 Průměrná tloušťka péřové konstrukce
Tab. 11 Výsledky experimentu (Togmeter) - vlákenné rouno
Tab. 12 Výsledky experimentu (Togmeter) - peří
Tab. 13 Výsledky experimentu (Togmeter) - vlákenné rouno - průměrné hodnoty
Tab. 14 Výsledky experimentu (Togmeter) - peří - průměrné hodnoty
Tab. 15 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno
Tab. 16 Výsledky experimentu (PSM) - peří
Tab. 17 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno - průměrné hodnoty
Tab. 18 Výsledky experimentu (PSM) - peří - průměrné hodnoty
Tab. 19 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno - měření odolnost proti vodním párá
Tab. 20 Výsledky experimentu (PSM) - peří - měření odolnost proti vodním párá
Tab. 21 Výsledky experimentu (PSM) - vlákenné rouno - měření odolnost proti vodním párá;
průměrné hodnoty
Tab. 22 Výsledky experimentu (PSM) - peří - měření odolnost proti vodním párá; průměrné
hodnoty
Tab. 23: Převod tepelného odporu spacího pytle na jeho teplotní rozmezí podle evropské normy
Tab. 24: Převod tepelného odporu spacího pytle na jeho teplotní rozmezí podle francouzské
normy
Tab. 25: Přehled teplotní rozmezí pro spací pytle plněné vlákenným rounem (Togmeter);
rozmezí podle francouzské normy
Tab. 26: Přehled teplotní rozmezí pro spací pytle plněné peřím (Togmeter); rozmezí podle
francouzské normy
Tab. 27: Přehled teplotní rozmezí pro spací pytle plněné vlákenným rounem (PSM); rozmezí
podle francouzské normy
Tab. 28: Přehled teplotní rozmezí pro spací pytle plněné peřím (PSM); rozmezí podle
francouzské normy
Tab. 29 Hmotnosti spacích pytlů ve vztahu k teplotní hranici
Tab. 30 Statistické zpracování dat tloušťky materiálu
Tab. 31 Statistické zpracování výpočtů transportu tepla (Togmeter)
Tab. 32 Statistické zpracování výpočtů transportu tepla (PSM)
Tab. 33 Statistické zpracování výpočtů transportu vodních par (PSM)

7. Seznam použitých obrázků

Obr. 1 Duootherm	Obr. 17 Konstrukce – Typ 3
Obr. 2 Duootherm – nosná síťka	Obr. 18 Konstrukce – Typ 4
Obr. 3 Polarguard 3D	Obr. 19 Konstrukce – komora H
Obr. 4 Thermolite Extreme	Obr. 20 Konstrukce – komora V
Obr. 5 Studené švy – peří	Obr. 21 Konstrukce – komora Z
Obr. 6 Studené švy – duté vlákno	Obr. 22 Prošitá konstrukce – Typ 1
Obr. 7 Prošívání vrstva	Obr. 23 Prošitá konstrukce – Typ 2
Obr. 8 Sendvičová konstrukce	Obr. 24 Prošitá konstrukce – Typ 3
Obr. 9 Šindelová konstrukce	Obr. 25 Prošitá konstrukce – Typ 4
Obr. 10 Šindelová konstrukce	Obr. 26 Prošitá konstrukce – komora H
Obr. 11 Komora H	Obr. 27 Prošitá konstrukce – komora V
Obr. 12 Komora V	Obr. 28 Prošitá konstrukce – komora Z
Obr. 13 Komora Z	Obr. 29 Togmeter
Obr. 14 Šíření tepla homogenní vrstvou	Obr. 30 Hlava Togmeteru
Obr. 15 Konstrukce – Typ 1	Obr. 31 Přístroj PSM
Obr. 16 Konstrukce – Typ 2	Obr. 32 Měřicí plocha přístroje PSM

8. Seznam použitých grafů

- Graf 1 Porovnání závislosti tepelného odporu na tloušťce materiálu (Togmeter) - vlákenné rouno
- Graf 2 Porovnání závislosti tepelného odporu na tloušťce materiálu (Togmeter) - peří
- Graf 3 Stacionární děj
- Graf 4 Porovnání závislosti tepelné odolnosti na tloušťce materiálu (PSM) - vlákenné rouno
- Graf 5 Porovnání závislosti tepelné odolnosti na tloušťce materiálu (PSM) - peří
- Graf 6 Porovnání závislosti odolnosti vůči vodním páráům na tloušťce materiálu (PSM) - vlákenné rouno
- Graf 7 Porovnání závislosti odolnosti vůči vodním páráům na tloušťce materiálu (PSM) - peří

7. Přílohy

Tabulka 2 – 8 obsahuje naměřené hodnoty tloušťky materiálů použitých pro experiment. Každý vzorek materiálu byl měřen 3x (3 měření x 3 vzorky = 9měření) a z naměřených hodnot byly vytvořeny průměrné hodnoty.

Tab. 2 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 1

Vlákenné rouno: Typ 1		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	18,90	100
2	18,34	100
3	17,68	100
4	18,12	100
5	17,77	100
6	17,04	100
7	20,21	100
8	19,28	100
9	19,34	100
	Σ 18,52	

Tab. 3 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 2

Vlákenné rouno: Typ 2		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	17,67	100
2	17,46	100
3	17,30	100
4	17,12	100
5	17,24	100
6	16,98	100
7	17,86	100
8	17,71	100
9	18,08	100
	Σ 17,49	

Tab. 4 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 3

Vlákenné rouno: Typ 3		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	16,28	100
2	16,12	100
3	13,74	100
4	17,73	100
5	17,27	100
6	16,81	100
7	17,42	100
8	15,54	100
9	16,21	100
	Σ 16,35	

Tab. 5 Naměřené tloušťky vlákenné konstrukce Typ 4

Vlákenné rouno: Typ 4		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	22,92	100
2	23,90	100
3	21,72	100
4	23,71	100
5	24,43	100
6	22,96	100
7	23,59	100
8	22,13	100
9	23,31	100
	Σ 23,19	

Tab. 6 Naměřené tloušťky péřové konstrukce komory H

Peří: Typ 1 komora H		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	19,49	100
2	20,01	100
3	19,19	100
4	17,88	100
5	16,91	100
6	16,83	100
7	17,16	100
8	17,07	100
9	16,01	100
	Σ 17,84	

Tab. 7 Naměřené tloušťky pěrové konstrukce komory V

Peří: Typ 2 komora V		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	16,07	100
2	18,05	100
3	16,95	100
4	12,92	100
5	15,36	100
6	17,94	100
7	18,60	100
8	16,68	100
9	18,03	100
	Σ 16,73	

Tab. 8 Naměřené tloušťky pěrové konstrukce komory Z

Peří: Typ 3 komora Z		
test číslo	tloušťka [mm]	zatížení [Pa]
1	17,25	100
2	19,21	100
3	19,09	100
4	17,21	100
5	18,43	100
6	18,36	100
7	16,24	100
8	18,71	100
9	17,96	100
	Σ 18,05	

Tab. 29 Hmotnosti spacích pytlů ve vztahu k teplotní hranici

Teplota spodní hranice komfortu / extrém [°C]	Nejnižší hmotnost spacáku od špičkových výrobců
0/-12	700g
-8/-27	1550g
-15/-35	1750g
-19/-40	2200g

Statistické zpracování dat

Průměrná hodnota [mm]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{(i)}^{n=10} x_i \quad (13)$$

Směrodatná odchylka [mm]:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (14)$$

Variační koeficient [%]:

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} * 100 \quad (15)$$

Kde: \bar{x} ... průměrná hodnota

n ... počet měření

x_i ... i – tý člen měření

s_x ... směrodatná odchylka

v_x ... variační koeficient

Statistické zpracování dat tloušťky materiálu, tab. 30

Vzorek	Tloušťka materiálu při tlaku 100 Pa		
	Průměrná hodnota [mm]	Směrodatná odchylka [mm]	Variační koeficient [%]
Typ 1	18,52	0,9938	5,3661
Typ 2	17,49	0,3644	2,0835
Typ 3	16,35	1,2069	7,3817
Typ 4	23,19	0,8585	3,7020
Typ 1 komora H	17,84	1,3939	7,8133
Typ 2 komora V	16,73	1,7774	10,6240
Typ 3 komora Z	18,05	0,9832	5,4471

Statistické zpracování výpočtů transportu tepla (Togmeter), tab. 31

Vzorek	Rf [m2 K/W]	Směrodatná odchylka [mm]	Variační koeficient [%]
Typ 1	0,284	0,0151	5,3169
Typ 2	0,292	0,0023	0,7877
Typ 3	0,261	0,0173	6,6284
Typ 4	0,367	0,0289	7,8747
Typ 1 komora H	0,303	0,0140	4,6205
Typ 2 komora V	0,313	0,0122	3,8978
Typ 3 komora Z	0,373	0,0231	6,1930

Statistické zpracování výpočtů transportu tepla (PSM), tab. 32

Vzorek	Ret [m ² K/W]	Směrodatná odchylka [mm]	Variační koeficient [%]
Typ 1	0,360	0,0137	3,8056
Typ 2	0,513	0,2347	45,7505
Typ 3	0,343	0,0185	5,3936
Typ 4	0,419	0,0646	15,4177
Typ 1 komora H	0,359	0,0592	16,4903
Typ 2 komora V	0,313	0,0331	10,5751
Typ 3 komora Z	0,372	0,0614	16,5054

Statistické zpracování výpočtů transportu vodních par (PSM), tab. 33

Vzorek	Ret [m ² K/W]	Směrodatná odchylka [mm]	Variační koeficient [%]
Typ 1	37,775	4,0181	10,6370
Typ 2	26,932	4,5297	16,8190
Typ 3	39,636	19,9154	50,2457
Typ 4	27,546	2,1185	7,6908
Typ 1 komora H	27,995	7,9925	28,5497
Typ 2 komora V	27,719	3,1298	11,2912
Typ 3 komora Z	25,476	2,4303	9,5396

Vyhodnocení statistické části:

U statistického zpracování výsledků došlo k velkým výkyvům u hodnot variačního koeficientu, což je nejspíš způsobeno teplotními a vlhkostními výkyvy v klimatizovaných podmínkách laboratoře (přístroj potřebuje po celou dobu měření stejné laboratorní podmínky), dále mohlo dojít k chybě měření u přístroje, nebo je nutné provést zkoušku u většího počtu vzorků.